

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ**  
**ФГОУ ВПО**  
**Бурятская государственная сельскохозяйственная академия**  
**им. В.Р.Филиппова**

Кафедра органической и биологической химии

**Н.С.Балдаев, С.Н.Балдаев**

**Биохимия животных**  
**(с основами физической и коллоидной химии)**  
учебное пособие для самостоятельной работы студентов очного  
и заочного обучения по специальности 310700 «Зоотехния»,  
310800 «Ветеринария» и 311200 «Технология производства  
и переработки сельскохозяйственной продукции»

Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по зоотехнии и ветеринарии Федерального агентства ВПО МСХ РФ

Улан-Удэ  
2005

Печатается по решению Методического совета БГСХА  
им. В.Р.Филиппова

Рецензенты: **Цыренов В.Ж.**, д-р. профессор, зав.кафедрой  
биотехнологии ВСГТУ

**Калашников И.А.**, доктор, профессор, декан зооинженерного  
факультета БГСХА им. В.Р.Филиппова

**Балдаев Н.С., Балдаев С.Н.**

К 786 Биохимия животных (с основами физической и коллоидной химии): Учебное пособие для самостоятельной работы студентов очного и заочного обучения по специальности «Зоотехния», «Ветеринария», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». – Улан-Удэ, 2005. – 143 с.

В пособии изложены краткие сведения по основным разделам предмета, приведены вопросы для самостоятельной проработки каждого тематического блока, даны упражнения и задания, позволяющие проверить свои знания. Студенты успешно освоившие и сдавшие все разделы (модули) в течение семестра с высоким рейтингом знаний, допускаются к досрочной сдаче экзамена и получают оценку после собеседования.

© Балдаев Н.С., Балдаев С.Н.  
©БГСХА, 2005

## Введение

Биохимия – химия жизни, не изолированная область знаний, она тесно связана с основами физической и коллоидной химии, со многими естественно научными дисциплинами и, прежде всего, с биологией. Биохимия необходима для глубокого молекулярного понимания общебиологических, медицинских, зооветеринарных и сельскохозяйственных проблем. Еще со времен Аристотеля исследователи делали попытки установить связь между структурой и функцией живых существ. Эти стремления продолжают и сегодня. Главной задачей биохимии является выяснение биологических функций клеток, органов, тканей и целого организма.

В учебном пособии рассматриваются разделы: основы физической и коллоидной химии, биологически активные вещества (БАВ), обмен углеводов, липидов, белков и аминокислот, нуклеиновых кислот и минеральных веществ. По каждому разделу даны общие сведения, позволяющие обратить внимание студентов на основные положения в рекомендуемых учебниках. Приведенные вопросы для самостоятельного изучения облегчают работу с учебником, дополнительным источником и конспектом лекций. Индивидуальные задания и тесты для самоконтроля позволяют закреплять знания и осознанно выполнять лабораторные работы. По ряду разделов, особенно минеральному обмену, отражены биохимические превращения, процессы и реакции, связанные с нарушением обмена веществ и проявлением болезней с учетом регионального (зонального) аспекта.

## Раздел I. Основы физической и коллоидной химии (Краткие сведения)

Основу всех клеток, органов и тканей живых организмов составляют такие вещества как белки, нуклеиновые кислоты, гликоген, крахмал, целлюлоза, представляющие из себя цепные молекулы. Такие живые системы немыслимы без липидов и большого числа низкомолекулярных органических и неорганических соединений. Все эти вещества претерпевают физико-химические превращения в соответствии с основными положениями (законами) термодинамики, термохимии и химического равновесия.

Живые организмы по законам физической химии представляют собой термодинамически неустойчивые системы. Для их жизнедеятель-

ности необходимо непрерывное поступление энергии в усвояемой и используемой форме. Многообразные биохимические превращения в живых структурах скоротечны и протекают в условиях, когда изменения внешнего давления и температуры незначительны. Поэтому биохимические процессы в живых организмах рассматривают как реакции, идущие при равной (одинаковой) температуре и протекающие при постоянном (равном) давлении и называют изобарно-изотермическим изменением энергии Гиббса ( $\Delta G$ ), которая связана с понятиями энтропия (S) и энтальпия (H) по уравнению  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ .

Следовательно, самопроизвольно процессы в живых системах могут идти только при уменьшении энергии Гиббса.

Биохимические превращения, идущие с увеличением энергии Гиббса протекают только при сопряженной реакции<sup>x</sup>, в которой происходит уменьшение этой энергии. При этом суммарный термодинамический итог должен быть  $\Delta G < 0$  (уменьшение внутренней энергии).

**Жизненные процессы протекают по пути использования** энергии превращения **аденозинтрифосфата (АТФ), универсального для всех живых систем.** Так, гидролитическое расщепление АТФ до АМФ и пирофосфата в рибосомах клеток, сопряженное с аминокислотным транспортом, покрывает энергетические затраты необходимые при биосинтезе белка. Другой факт – гидролиз АТФ до АДФ и ортофосфата в мышцах является источником энергии для взаимодействия двух белков – актина и миозина, что приводит к мышечному сокращению и выполнению механической работы.

Гидролиз ГТФ до ГДФ и ортофосфата необходим для эффективной транслокации (размещения) мРНК и пептидил – тРНК при синтезе пептидов на рибосомах. Гидролиз АТФ специфическим ферментом ( $Na^+$ ,  $K^+$  -зависимой АТФазой) обеспечивает создание градиента концентраций ионов калия (их больше внутри клеток) и натрия (их много вне клеток в окружающей среде), который обеспечивает возникновение потенциала покоя и действия при передаче возбуждения, а также связан с механизмом проявления биологического насоса.

Исходя из этих и многих других примеров **в биоэнергетике живых организмов главной проблемой является регенерация**

<sup>x</sup> – Сопряженные реакции протекают в условиях, когда одна из реакций возбуждает или ускоряет другую.

**(восстановление) АТФ из АДФ и АМФ** путем фосфорилирования. Так зеленые растения и некоторые микроорганизмы усваивают (аккумулируют) солнечную энергию в процессе фотосинтеза. Энергия квантов света используется для процесса переноса электронов от молекул воды на кофермент НАДР<sup>+</sup> (никотинамидный кофермент) по уравнению:  $НАДР^+ + H_2O \rightarrow 1/2 O_2 + НАДРН^+ + H^+$ . Часть этой энергии идет на фосфорилирование АДФ до АТФ. Это относится к световой стадии фотосинтеза. В хлоропластах клеток происходит накопление НАДН<sup>+</sup> + H<sup>+</sup> и АТФ, энергия которых используется для восстановления  $CO_2$  и образования углеводов. Это протекает без участия световых лучей и называется темновой стадией фотосинтеза.

Большинство микроорганизмов, все животные и в том числе человек для регенерации АТФ используют энергию окисления органических соединений, поступающих в составе пищи, корма. При их окислении происходит накопление восстановленной формы НАДН<sup>+</sup> + H<sup>+</sup> (никотинамидного кофермента), энергия которого необходима для окислительного фосфорилирования молекул АДФ в молекулы АТФ при переносе каждой пары электронов от НАДР • Н к  $O_2$  по уравнению:  $НАДРН^+ + H^+ + 1/2 O_2 \rightarrow НАД^+ + H_2O$ .

Следовательно, АТФ является универсальным аккумулятором энергии живых структур. При гидролизе любой из двух пирофосфатных связей АТФ в виде магниевой соли сопровождается уменьшением стандартной свободной энергии на 31,0 кДж/моль при превращении АТФ в АДФ и на 31,8 кДж/моль - при превращении в АМФ.

Химические связи, гидролиз которых связан с изменением энергии Гиббса порядка – 30 кДж/моль и выше, называются макроэргическими связями.

Количественной термодинамической характеристикой химического процесса является величина  $\Delta G^\circ$ . Она показывает изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ) реакций, протекающих при стандартных концентрациях исходных веществ и продуктов реакций. Свободная энергия гидролиза ряда соединений, имеющих макроэргические связи, по сравнению с АТФ, имеет следующие величины: фосфоенолпируват – 61,9 кДж/моль, карбомилофосфат – 51,4, ацетилфосфат – 43,1, креатинфосфат – 37,6, сукцинил КоА – 33,4, ацетил КоА – 31,3 кДж/моль. Высокое значение  $\Delta G^\circ$  фосфоенолпирувата связано с тем, что енолпируват термодинамически более неустойчив и поэтому, с боль-

шим уменьшением энергии Гиббса, превращается в пируват – устойчивую форму.

Энергетическое состояние клетки зависит от соотношения: АТФ - АДФ - АМФ. Уровень их в печени крыс соответственно составляет 1,7-1,5-0,6 мкмоль, а в сердечной мышце 13,3-2,6-0,4 мкмоль. **В живой клетке нет равновесия, происходит постоянный «приток» и «отток» энергии.** Клетка представляет открытую систему – она постоянно в работе, **которая направлена против энтропии.**

В живой природе и в том числе организме животных и человека имеют место многие тысячи различных химических соединений и протекают тысячи разнообразных химических реакций и процессов, которые связаны с фундаментальными законами и положениями не только термодинамики (учение об энергии и ее превращении), но и термохимии, химического равновесия, химической кинетики, ферментативного катализа, агрегатного, дисперсного и коллоидного состояния вещества и т.д.

Природные процессы, в том числе и в живых структурах, протекают в жидких, твердых и газообразных растворах – дисперсных системах. Степень раздробленности вещества (молекулы, коллоидные частицы, микродисперсные частицы) получило название **степень дисперсности**. Диспергированные частицы называются дисперсной фазой, а среда, в которой они находятся, дисперсионной средой.

Молекулярные и ионно-молекулярные растворы характеризуются как гомогенные (однородные) истинные, в которых практически не обнаруживается граница раздела между средой и фазой, ибо частицы фазы-молекулы и ионы по размерам близки к молекулам среды (молекулы измеряются в ангстремах, 1 нм = 10А). Протоплазма клеток, плазма крови, лимфа, межклеточная и другие жидкости организма животных представлены как сложные растворы и, в том числе, как гомогенные молекулярные и ионно-молекулярные, которые проявляют физико-химические свойства разбавленных растворов неэлектролитов и электролитов.

Разбавленным растворам электролитов, а также неэлектролитов, присущи такие свойства как понижение давления пара растворителя над раствором, криоскопия (понижение температуры замерзания раствора) в зависимости от мольной концентрации растворенного вещества в соответствии с законом Рауля.

В связи с тем, что клеточная и органо-тканевая структура живых организмов пронизана мембранами, в них протекает **осмос – односторонняя диффузия** преимущественно молекул воды (растворителя) **через мембранные поры**, которая направлена из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией вещества. Поэтому **интенсивность осмоса зависит от молярной концентрации** растворенного электролита и неэлектролита по ту или другую сторону полупроницаемой перегородки (мембраны). В результате осмоса проявляется осмотическое давление, которое для неэлектролитов отражается законом Вант-Гоффа:  $P_{осм} = cRT$ .

По отношению к живым клеткам растворы разной концентрации, соответственно, обладающие разным осмотическим давлением, делятся на **изотонические** (изо – равное), **гипотонические** (гипо – мало) и **гипертонические** (гипер – много, избыточно). Например, эритроциты, погруженные в изотонический раствор не изменяются, так как концентрация осмотических активных веществ и соответственно осмотическое давление в клетке и растворе равны. Осмос идет в равной мере в клетку и из клетки в окружающий раствор – устанавливается динамическое равновесие. Поэтому изотонические растворы называют физиологическими и широко применяются в медицине и в ветеринарии. В гипотоническом растворе происходит **гемолиз** (разрушение, растворение) эритроцитов, ибо осмос направлен в клетку. Эритроциты набухают, клеточная оболочка (мембрана) разрывается и содержимое клетки растворяется. В гипертоническом растворе эритроциты сморщиваются, теряют первоначальную форму (**плазмолиз**) в силу того, что осмос направлен из клетки в раствор.

В разбавленных растворах электролитов указанные свойства, по сравнению с растворами неэлектролитов одинаковой молярной концентрации, больше на  $i$ -коэффициент Вант-Гоффа, который зависит от  $\alpha$ -степени диссоциации электролита ( $i = 1 + \alpha$ ;  $i = \frac{\Delta T'_{осм}}{\Delta T'_{теор}}$ ;  $P_{осм} = icRT$ ). Осмотическая активность и осмотическое давление растворов электролитов связаны с понятиями сильные и слабые электролиты, константа и степень диссоциации, аналитическая и активная кислотность, ионная сила.

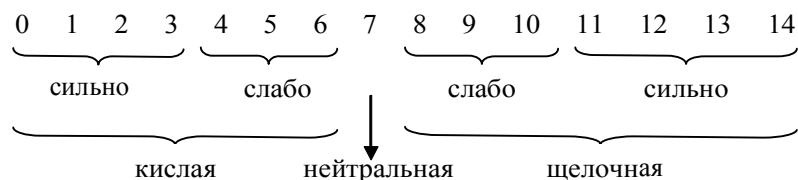
Для изучения и понятия многих реакций и явлений в водной среде (доля воды в организме животных в среднем составляет 70%) важно знать состояние и свойства воды. Для удобства до-

пускают, что чистая вода диссоциирует в очень слабой степени:  
 $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ .

Ион водорода притягивается к молекуле воды:  $H^+ + H_2O \leftrightarrow [H_3O]^+$  с образованием иона гидроксония  $[H_3O]^+$ . Для удобства допускают, что чистая вода содержит равную концентрацию ионов водорода  $[H^+]$  и гидроксила  $[OH^-]$ . Вводится определение – **ионное произведение воды**  $[H^+] \cdot [OH^-] = K_B$ , которое при  $T^\circ = 298^\circ K$  ( $22^\circ C$ ) равно  $1 \times 10^{-14} = 10^{-14}$ .

Ионы водорода  $[H^+]$  это кислотные ионы ( $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ), а ионы гидроксила  $[OH^-]$  - основные (щелочные) ионы ( $KOH$ ,  $NaOH$ ). При растворении в воде различных кислот, оснований и их солей изменяется соотношение концентраций ионов  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  при постоянном значении ионного произведения воды ( $K_B = 10^{-14}$ ). Поэтому реакция воды от нейтральной  $[H^+] = [OH^-]$ , при внесении кислоты, становится кислой  $[H^+] > [OH^-]$ , а при добавлении основания – щелочной  $[H^+] < [OH^-]$ .

Реакцию среды принято выражать через водородный показатель  $pH = -\lg[H^+]$ . Если  $[H^+] = 10^{-5}$ , то  $pH = -\lg 10^{-5} = -(-5) = 5$ . Реакция растворов обозначается через  $pH$  от 0 до 14 по схеме:



В организме животных различные жидкости имеют разное значение  $pH$ . Так, у поджелудочного сока  $pH = 8,2$ ; желудочного сока  $pH = 1,5$ ; а крови  $pH = 7,3$  и т.д.

Для клеток, органов и тканей важным является постоянное устойчивое значение  $pH$ , которое обеспечивается **буферными системами** (**карбонатная, фосфатная, белковая**). Они обладают **буферной емкостью** по отношению к сильным кислотам и основаниям, т.е. способны нейтрализовать и поглощать их в определенном количестве без изменения  $pH$ . Это имеет важное значение для крови и других биологических жидкостей.

Буферные растворы состоят из слабой кислоты и ее соли с сильным основанием или слабого основания и ее соли с сильной кислотой.

Для кислотной буферной системы концентрация ионов водорода определяется по формуле:

$$[H^+] = K \frac{[\text{кислота}]}{[\text{соль}]}; pH = -\lg K + \lg \frac{[\text{соль}]}{[\text{кислота}]}$$

или  $pH = pK - \lg [\text{кислота}] + \lg [\text{соль}]$

$K$  – константа диссоциации кислоты,

$[\text{кислота}]$  и  $[\text{соль}]$  – концентрация кислоты и соли

**Коллоидная химия** рассматривает физико-химические свойства гетерогенных высокодисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений (ВМС), у которых **размеры частиц** дисперсной фазы колеблются **от 1 до 100 нм или от  $10^{-9}$  до  $10^{-7}$  м**. В природе отдельных коллоидов нет. Любое вещество при особых условиях и соответствующих размерах частиц приобретает **коллоидное состояние** с характерными свойствами: кинетические (броуновское движение частиц, диффузия), оптические (окраска, опалесценция, явление Фарадея-Тиндаля), электрокинетические (дзета-потенциал, электрофорез). Коллоидные системы имеют устойчивость, благодаря однозначному заряду частиц (+ или -) и его величины. Второй фактор устойчивости – степень гидратации (сольватации), которая особенно важна для гидрофильных (любящих воду) веществ. При падении потенциала заряда коллоидных частиц и отнятии гидратных оболочек (дегидратация) происходит **коагуляция** - слипание коллоидных частиц друг с другом с образованием крупных агрегатов, с появлением видимого помутнения и выпадением осадка. Коагуляцию можно вызвать электролитами, водоотнимающими веществами, при смешивании двух коллоидных растворов с разноименно заряженными частицами (взаимная коагуляция) или она связана с фактором времени – старение коллоидов. Коллоидному состоянию вещества приписывают время жизни, в котором можно выделить стадии зарождения, зрелого состояния и старения (коагуляция).

Наряду с коллоидным состоянием вещества, коллоидная химия изучает свойства растворов различных высокомолекулярных соединений (ВМС) и, в первую очередь, белков, нуклеиновых кислот и их соединений. Большинство белков являются **гидрофильными** и поэтому хорошо растворимы в воде и в водных растворах солей, кислот и оснований. Они обладают амфотерными свойствами, благодаря активным основным аминогруппам ( $-NH_2$ ) и кислотным карбоксильным ( $-COOH$ ) группам. В растворах, в зависимости от  $pH$  сре-

ды, макромолекулы белков могут иметь заряд (+ или -) или находиться в **изоэлектрическом** (электронейтральном) **состоянии** при равных величинах положительно ( $-\text{NH}_3^+$ ) и отрицательно ( $-\text{COO}^-$ ) заряженных групп. Значение pH среды, при которой данный белок находится в изоэлектрическом состоянии, обозначается как **изоточка белка**. Одним из основных факторов проявления физико-химических, биохимических и функциональных свойств белка являются его заряд и изоэлектрическое состояние.

Белки и ряд других ВМС способны к набуханию и образованию структурированных систем (студни, гели), в которых химические реакции и процессы протекают ритмически под влиянием ряда факторов и, в том числе, механизма защитного действия.

В основах коллоидной химии рассматриваются свойства таких дисперсных систем как суспензии, эмульсии, аэрозоли и др., частицы которых крупнее коллоидных и имеют размеры от 0,1 до 4-5 мкм. Например, молоко является эмульсией масла в воде, где жировые шарики имеют размеры от 1 до 10 мкм. Образование эмульсии происходит в кишечнике при переваривании жиров корма и пищи, с участием эмульгаторов – желчных кислот. Кровь представляет биологическую суспензию, в которой клетки эритроциты и лейкоциты, имеющие размеры 2-4 мкм, находятся в жидкой плазме. При обследовании состояния организма человека и животного определяется СОЭ – скорость оседания эритроцитов, как важный клинический показатель.

Определенное значение имеют такие понятия как поверхностное натяжение, адсорбция, поверхностно-активные вещества, которые используются для объяснения целого ряда биологических и биохимических процессов, протекающих в организме животных.

#### Литература:

1. А.И. Болдырев. Физическая и коллоидная химия. М., 1983.
2. И.С. Галингер, И.И. Медведев. Физическая и коллоидная химия. М., 1972 г.
3. С.Н. Балдаев, Н.С. Балдаев, С.Д. Гомбоев и др. Основы физической и коллоидной химии в курсе биохимии животных (краткое пособие). Улан-Удэ, 2000.

#### **Вопросы для контроля знаний и самостоятельной подготовки**

1. Что такое осмос и осмотическое давление? Значение их для живых систем. Вычислить осмотическое давление растворов глюкозы

при 37°C, если в 100 см<sup>3</sup> водного раствора содержится 0,18 г глюкозы.

2. Какие растворы называются изотоническими или физиологическими, и как они используются? Являются ли изотоническими (при  $t = 20^\circ\text{C}$ ) растворы, содержащие в 100 см<sup>3</sup>: а) 1,8 г глюкозы; б) 0,92 г глицерина?

3. Что такое гипо- и гипертонические растворы, и как они влияют на клетки? Какой из растворов является гипотоническим по отношению к другому, если в 100 см<sup>3</sup> содержится: а) 1,8 г глюкозы; б) 1,71 г сахарозы при одинаковой температуре?

4. Какое давление называется онкотическим? Если 1 г белка содержится в 100 см<sup>3</sup> раствора при 25°C, то чему равно осмотическое давление раствора, если молекулярная масса белка составляет 10000?

5. Что называется ионным произведением воды? В каких пределах изменяется концентрация водородных и гидроксильных ионов в разбавленных водных растворах? Вычислите концентрацию гидроксильных ионов, если  $\text{pH} = 1,5$ .

6. Что такое pH? Влияние pH среды на биологические процессы в организме. Вычислите pH раствора, если концентрация гидроксильных ионов равна  $10^{-5}$ .

7. Что называется буферным действием? Вычислите pH буферного раствора, состоящего из 3 см<sup>3</sup> 0,1 М уксусной кислоты и 12 см<sup>3</sup> 0,1 М ацетата натрия. Константа электролитической диссоциации уксусной кислоты равна  $1,85 \times 10^{-5}$ .

8. Какие растворы называются буферными? Вычислить pH буферного раствора, состоящего из 4 см<sup>3</sup> угольной кислоты и 16 см<sup>3</sup> гидрокарбоната натрия одинаковой концентрации. Константа электролитической диссоциации угольной кислоты равна  $3,7 \times 10^{-7}$ .

9. Какова биологическая роль буферных систем крови? Вычислите pH фосфатного буферного раствора, состоящего из 10 см<sup>3</sup> 0,1 М однозамещенного фосфата натрия и 20 см<sup>3</sup> 0,1 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Константа электролитической диссоциации иона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  равна  $1,54 \times 10^{-7}$ . Изменится ли pH данного раствора, если разбавить его водой в 10 раз? Рассчитайте pH до и после его разбавления.

10. Что называется буферной емкостью и ее значение для живых организмов? Если к 10 см<sup>3</sup> 0,1 М раствора уксусной кислоты добавить 5 см<sup>3</sup> 0,1 М NaOH образуется ацетатный буфер с  $\text{pH} = 4,76$ .

Сколько надо добавить 0,1 М NaOH, чтобы pH увеличился на 1?

11. Назовите буферные системы крови и какова доля буферного действия каждой из них? Что такое ацидоз и алкалоз?

12. Что такое дисперсная система? Приведите примеры дисперсных систем.

13. Назовите основные свойства коллоидных растворов, растворов высокомолекулярных веществ, микродисперсных систем (суспензий, эмульсий).

14. Методы получения коллоидного состояния вещества. Что такое пептизация? Приведите примеры пептизации.

15. Поверхностные явления. Сущность и виды адсорбции. Поверхностно-активные вещества. Гидрофильность и гидрофобность материалов.

16. Ионообменная адсорбция. Катиониты и аниониты, их значение и применение.

17. Диффузия и осмотическое явление в коллоидных системах. Мембранное равновесие Доннана и его значение для живых существ.

18. Оптические свойства коллоидных систем. Окраска, опалесценция и явления Фарадея-Тиндаля.

19. Строение коллоидных частиц. Электрофорез, электроосмос, и их использование.

20. Изoeлектрическое состояние и изoeлектрическая точка коллоидных систем.

21. Факторы устойчивости коллоидных систем. Лиофобные и лиофильные золи.

22. Коагуляция зелей. Электролитная и взаимная коагуляция. Старение коллоидных систем.

23. Свойства растворов высокомолекулярных веществ на примере белков.

24. Белки как полимерные электролиты. Амфотерность, изoeлектрическая точка и осаждение белков.

25. Защитное действие ВМС (белков).

26. Студни и гели. Набухание и старение гелей.

27. Суспензии, эмульсии, аэрозоли в жизни животных, их практическое значение.

## Индивидуальные задания

### Вариант 1

1. Определите осмотическое давление раствора, содержащего 92 г этанола (молярная масса этанола  $M = 46$ ) в 200 см<sup>3</sup> раствора при температуре +27°C.

2. При какой температуре будут кипеть 10%-ные растворы глицерина, глюкозы и мочевины? Объясните различие.

3. Концентрация ионов гидроксидов в растворе равна  $7,85 \times 10^{-11}$  моль/л. Рассчитать pH.

4. На примере ацетатного буферного раствора ( $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ) показать механизм буферного действия при добавлении небольших количеств соляной кислоты.

5. Напишите формулу и схему строения мицеллы золя хлористого серебра с отрицательным зарядом при обменной реакции  $\text{AgNO}_3 + \text{KJ} = \text{AgJ} + \text{KNO}_3$ . Какое условие нужно создать?

6. Назовите буферные системы крови. Объясните буферные свойства белков.

### Вариант 2

1. Определите чему равно осмотическое давление раствора, содержащего 9 г глюкозы (молярная масса глюкозы  $M = 180$ ) в 100 см<sup>3</sup> раствора при температуре 0°C.

2. При какой температуре будут замерзать 5%-ные растворы глицерина, глюкозы и мочевины? Объясните различия.

3. Концентрация ионов водорода в растворе равна  $3,14 \times 10^{-9}$  моль/л. Рассчитать pH.

4. На примере аммиачного буферного раствора ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) показать механизм буферного действия при добавлении небольшого количества соляной кислоты.

5. Напишите формулу и схему строения мицеллы золя хлористого серебра с положительным зарядом при реакции обмена  $\text{AgNO}_3 + \text{KJ} = \text{AgJ} + \text{KNO}_3$ . Какое условие необходимо создать?

6. Что такое обменная адсорбция, катиониты и аниониты?

### Вариант 3

1. Определите, чему равно осмотическое давление раствора, содержащего 46 г глицерина (молярная масса  $M = 92$ ) в 500 см<sup>3</sup> раствора при температуре 20°C.

2. Какую постоянную называют криоскопической?

3. Концентрация ионов водорода в растворе равна  $2,15 \times 10^{-5}$

моль/л. Рассчитать pH.

4. На примере аммиачного буферного раствора ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) показать механизм буферного действия при добавлении небольшого количества гидроксида натрия.

5. Что такое коагуляция? Объясните механизм электролитной коагуляции.

6. Объясните явление опалесценции и Фарадея-Тиндаля.

#### Вариант 4

1. Из каких веществ готовят ацетатный, фосфатный, бикарбонатный, цитратный и аммонийный буферные растворы?

2. Что такое электрофорез и электроосмос и какое применение они находят?

3. Какой формулой выражается ионная сила раствора? Вычислить ионную силу раствора 0,02 М  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

4. Рассчитать pH буферных растворов, составленных из:

А) 50 см<sup>3</sup> 0,14 М  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 45 см<sup>3</sup> 0,2 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $K_{\text{осн}} = 5,5 \times 10^{-10}$ .

Б) 90 см<sup>3</sup> 0,01 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 10 см<sup>3</sup> 0,01 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $K_{\text{кисл}} = 1,85 \times 10^{-5}$ .

5. Какие показатели раствора можно найти, определив температуру замерзания?

#### Вариант 5

1. Что такое осмос? Вычислите осмотическое давление раствора при 37°C, если в 100 см<sup>3</sup> раствора содержится 1,8 г глюкозы.

2. Что такое рОН? Вычислите концентрацию гидроксильных ионов, если рН = 5.

3. Что называется буферным действием? Объясните это на примере ацетатного буферного раствора.

4. Что такое пептизация? Напишите формулу и схему строения мицеллы гидроксида железа и покажите ядро, адсорбционный и диффузный ионные слои.

5. Что называется изоэлектрической точкой белка (ИТБ) и ее значение?

### Вопросы (тесты) для самоконтроля знаний

#### Вариант 1

1. Укажите формулу осмотического давления разбавленных растворов электролитов.

2. Укажите формулу осмотического давления разбавленных растворов неэлектролитов.

3. Укажите формулу криоскопического метода определения осмотического давления растворов электролитов и неэлектролитов.

4. Укажите математическое выражение второго закона Рауля.

$$1. \Delta T_3 = T_3^0 - T_3^r$$

$$2. P = cRT$$

$$3. \Delta T_3 = K_m$$

$$4. P = icRT$$

$$5. P = mRT$$

$$6. i = \Delta T_0 / T_r$$

$$7. \alpha = i - 1$$

$$8. P = (\Delta T / K) RT$$

$$9. \Delta T_3 = K (m_2 / M) (1000 / m_1)$$

#### Вариант 2

1. Имеются растворы хлорида натрия различной концентрации: 0,89%; 0,4%; 3,5%. Укажите, какой из них является гипо-, изо- и гипертоническим раствором по отношению к крови сельскохозяйственных животных. ( $P_{\text{осмотическое крови}} = P_{\text{осмотическое 0,89\% NaCl}}$ ).

2. Какой из указанных растворов глюкозы имеет наименьшее осмотическое давление: 1,0 М; 0,1 М; 3%?

3. Укажите буферный раствор, обладающий наибольшей буферной емкостью по: а) основанию и б) кислоте

1. 10 см<sup>3</sup> 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  + 10 см<sup>3</sup> 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$

2. 10 см<sup>3</sup> 0,2 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  + 10 см<sup>3</sup> 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$

3. 10 см<sup>3</sup> 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  + 10 см<sup>3</sup> 0,2 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$

4. Укажите размер частиц коллоиднодисперсной системы:

1)  $10^{-8}$  м; 2)  $10^{-4}$  м; 3)  $10^{-10}$  м.

5. Какой электролит имеет наименьший порог коагуляции по отношению к коллоидному раствору гидроксида железа с частицами с положительно заряженными частицами?

1)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; 2)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 3)  $\text{NaCl}$ .

#### Вариант 3

1. Укажите размер дисперсной фазы ультрамикроретерогенной системы:

$$1. 10^{-3} - 10^{-5} \text{ м}$$

$$10^{-7} - 10^{-9} \text{ м}$$

$$2. 10^{-5} - 10^{-6} \text{ м}$$

$$10^{-9} - 10^{-10} \text{ м}$$

2. Укажите аэрозоли и дайте им описание:

1) Мыльная пена; 2) Пенопласт; 3) Нефть; 4) Молоко; 5) Дым;

6) Опал; 7) Латекс; 8) Пыль; 9) Туман.



3. Укажите какие смеси могут дать коллоидные растворы, состоящие из:

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCl}$   | 3. $\text{AgNO}_3 + \text{KCl}$             |
| 2. $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ | 4. $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{FeCl}_3$ |

#### Вариант 4

1. Укажите название дисперсных систем, к которым относятся:

1. Водный раствор белка;	4. Взвесь глины в воде;
2. Гидрозоль серы;	5. Молоко;
3. Водный раствор крахмала;	6. Эритроциты в плазме крови.

2. Укажите пептизатор, обеспечивающий диссолюционную и адсорбционную пептизации рыхлого осадка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 1. $\text{KCl}$ ; | 3. $\text{AlCl}_3$ ; |
| 2. $\text{HCl}$ ; | 4. $\text{FeCl}_3$ . |

3. К каким дисперсным системам относятся:

- 1) Молоко; 2) Нефть; 3) Жемчуг; 4) Пемза; 5) Бензин в воде;  
6) Конденсированные молекулы серы в воде; 7) Взвесь глины в воде.

4. Укажите пептизатор, обеспечивающий адсорбционную пептизацию осадка гидроксида железа:

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. $\text{Al}(\text{OH})_3$ | 3. $\text{K}_2\text{SO}_4$ |
| 2. $\text{FeCl}_3$          | 4. $\text{NaCl}$           |

5. Укажите характерные особенности коллоидных частиц:

- 1 – размеры частиц  $10^{-5} - 10^{-7}$  м, 1-100 нм;  
2 – невидимы в микроскоп;  
3 – обнаруживаются в ультрамикроскопе;  
4 – фильтруются, не фильтруются;  
5 – частицы проходят, не проходят через мембрану;  
6 – частицы обладают малым, выраженным осмотическим давлением.

#### Вариант 5

1. Укажите какое соотношение концентрации ионов водорода  $[\text{H}^+]$  и гидроксид-ионов  $[\text{OH}^-]$  соответствует слабокислой ( $\text{pH} = 5$ ) и слабощелочной ( $\text{pH} = 9$ ) реакции раствора:

- |                            |                           |                           |                           |                           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $[\text{H}^+] = 10^{-4}$   | $[\text{H}^+] = 10^{-6}$  | $[\text{H}^+] = 10^{-5}$  | $[\text{H}^+] = 10^{-7}$  | $[\text{H}^+] = 10^{-9}$  |
| $[\text{OH}^-] = 10^{-10}$ | $[\text{OH}^-] = 10^{-8}$ | $[\text{OH}^-] = 10^{-9}$ | $[\text{OH}^-] = 10^{-7}$ | $[\text{OH}^-] = 10^{-5}$ |

2. Выделите поверхностно активные вещества и укажите эмульгаторы жиров в кишечнике животных. Этиловый спирт, глицерин, уксусная кислота, масляная кислота, сероуглерод, минеральные кислоты, гликохолевая и таурохолевая кислоты, бензол, ксилол.

3. Укажите размер частиц дисперсной фазы в микрогетерогенных и коллоидных системах, а также в истинных растворах: 1)  $10^{-3} - 10^{-4}$  м; 2)  $10^{-5} - 10^{-7}$  м; 3)  $10^{-7} - 10^{-9}$  м; 4)  $10^{-9} - 10^{-10}$  м.

4. Укажите по каким свойствам проявляются различия и сходства между коллоидными растворами (золь  $\text{AgI}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) и растворами высокомолекулярных веществ (белок, крахмал):

1 - Коллоидное состояние, молекулярный раствор; 2 - Гранула (мицелла), молекула; 3 - Проходят или не проходят через бумажный фильтр (фильтруются, не фильтруются); 4 - Малое или значительное осмотическое давление; 5 - Наличие или отсутствие осмоса; 6 - Коагуляция электролитами; 7 - Денатурация, высаливание; 8 - Электрофорез; 9 - Гидрофильность, гидрофобность.

## Раздел II. Биологически активные вещества.

### Ферменты (краткие сведения)

Ферменты (от лат. fermentum - закваска) или энзимы (от греч. en – внутри и зуме - закваска), по природе белки, являются биологическими катализаторами (ускорители) химических процессов (реакций) в организме. Биосинтез белков-ферментов происходит в каждой клетке, органе и ткани по схеме:

$[\text{ДНК} \rightarrow \text{РНК} \rightarrow \dots] \rightarrow [\text{РНК} \rightarrow \text{рибосомы}] \rightarrow [\text{синтез белка фермента}] \rightarrow [\text{активный фермент}]$   
(транскрипция) (трансляция)

В клетках находятся от сотен до тысячи различных ферментов и действуют они гармонично, не мешая друг другу, так как по назначению они локализуются в определенных участках клетки: в ядре – энзимы обмена нуклеиновых кислот (нуклеотидазы, адениндезаминаза и др.), в митохондриях – ферменты окисления жирных кислот, аминокислот и клеточного дыхания (пируватдегидрогеназа, глутаматдегидрогеназа и др.), в рибосомах – ферменты биосинтеза белка (аминоацил – тРНК - синтетазы), в цитоплазме – энзимы гликолиза, гликогеннолиза, синтеза жирных кислот, катаболизма азотистых оснований.

Простые или однокомпонентные ферменты – это чистые белки, состоящие из аминокислот (эстеразы, трипсин, уреазы и т.д.). Слож-

ные или двухкомпонентные ферменты образованы из белка – апофермента и небелковой части – кофактора. Кофакторы условно делят на коферменты (производные ряда витаминов), простетические группы (гем каталазы и пероксидазы) и активаторы (ионы цинка, меди, HCl и др.). Важнейшие коферменты: с витамином B<sub>5</sub> – НАД – Никотинамид Аденин Динуклеотид, с витамином B<sub>2</sub> (рибофлавин) – ФАД – Флавинамид Аденин Динуклеотид, с витамином B<sub>1</sub> – ТПФ – ТиаминПироФосфат и т.д.

В конце XX века было найдено, что в живой природе существуют катализаторы не содержащие белки, а состоящие из рибонуклеиновых кислот. Они получили название рибозимы – энзимы, построенные из молекул РНК. Открытие рибозимов вызвало рождение нового подхода к проблеме происхождения жизни, по которому полагают, что жизнь на Земле началась с нуклеиновых кислот, так как они наряду с информацией по синтезу белка, могут осуществлять функции катализаторов.

Химические реакции протекают при наличии активированных молекул реагирующих веществ. В организме животного поддерживается относительно постоянная температура и энергетический баланс. В этих условиях ферментативные реакции протекают благодаря понижению энергетического барьера (уровня) данной реакции при образовании фермент-субстратного комплекса. Поэтому вводится понятие **энергия активации** – это энергия, которая необходима для перевода молекул в активированное состояние. Так, разложение перекиси водорода при постоянной температуре протекает с разной энергией активации:

а)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  без катализатора необходимо 18,0 ккал/моль;

б)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  с катализатором коллоидная платина – 11,7 ккал/моль;

в)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  при участии фермента каталазы – 5,5 ккал/моль.

Эти величины энергии активации указывают на значительное снижение энергетического барьера реакции при участии биологического катализатора – фермента. **Образование фермент-субстратного комплекса** происходит при соответствии молекул субстрата и фермента, как ключа к замку. Считают, что это сопровождается определенными изменениями, как структуры субстрата, так и активных центров фермента, названное «индуцированное соответ-

ствие», благодаря которым увеличивается скорость ферментативных реакций и появление конечного продукта».

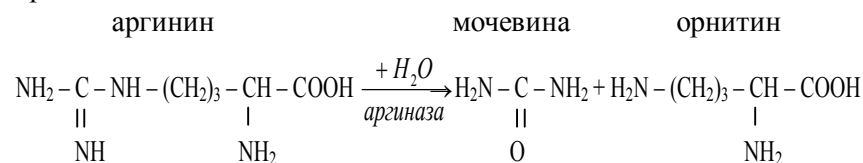
За единицу активности фермента принимается такое его количество, которое обеспечивает превращение 1 мкмоль субстрата в 1 мин при 30°C (мкмоль/мин). По международной системе введена международная единица фермента – **катал**, который соответствует количеству фермента, способному вызвать превращение 1 моля субстрата в 1 сек (1 моль/сек). Поэтому  $\text{мкмоль/мин} = \frac{1}{60} \text{ мкмоль/сек} = 16,67 \text{ нмоль/сек} = 16,67 \text{ нкат}$ .

Свойства ферментов:

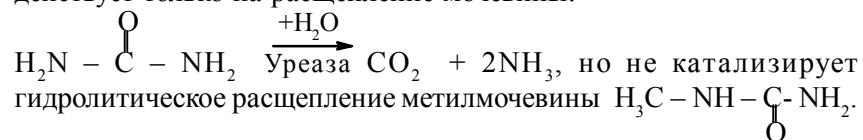
1. **Ферменты термолабильны.** Температурный оптимум их действия соответствует нормальной температуре тела человека и животных – 36-38°C. При увеличении на 2-5°C значительно повышается активность ферментов (температурная лихорадка). Увеличение до 45°C и выше (до 80°C) приводит к денатурации – свертыванию и нарушению структуры белка – фермента. Понижение температуры ниже оптимальной приводит к торможению, при минусовой происходит резкое снижение активности фермента, но без разрушения.

2. **Активность ферментов зависит от реакции среды – pH.** Каждый фермент проявляет максимальное действие при определенном значении pH, названный pH-оптимум. Небольшие отклонения pH от оптимума приводят к торможению и даже прекращению действия фермента. Так pH оптимум для пепсина желудочного сока равен – 1,5-2,0; трипсина – 8,0-8,05; амилазы слюны – 6,8-7,0, амилазы поджелудочной железы – 8,0-8,2 и т.д. Эти величины pH для каждого фермента соответствуют изоэлектрическому состоянию данного белка-фермента. Поэтому считают, что ферменты наиболее активны в изоэлектрическом состоянии.

3. **Специфичность действия ферментов** является характерной особенностью в отличие от неорганических катализаторов. Так фермент аргиназа печени ускоряет гидролиз аргинина на мочевины и орнитин:



а на распад метиларгинина не влияет. Подобно этому фермент уреазы действует только на расщепление мочевины:



Это характеризует индивидуальную (строгую) специфичность действия фермента. Специфичность действия ферментов проявляется относительно природы и химической структуры субстрата (вещества). Так, ферменты пищеварения пепсин и трипсин ускоряют гидролиз только белков, амилаза – только крахмала, липаза – только липидов (жиров) независимо от их растительного, животного или бактериального происхождения. Такая специфичность называется относительной (групповой). Существует стереохимическая специфичность. Например, ферменты дрожжевой клетки катализируют распад D-глюкозы до этилового спирта и углекислого газа (спиртовое брожение), но не влияют на L-глюкозу.

**1. Обратимость действия ферментов.** Ферменты, как другие катализаторы, ускоряют химическую реакцию не только распада вещества, но и его синтеза. В живых организмах в процессах распада и синтеза гликогена принимают участие целый ряд одних и тех же ферментов. Гидролиз и синтез белков, липидов и других веществ в клетках также обеспечивается за счет обратимости действия определенной группы ферментов.

**2. Активность ферментов зависит от присутствия активаторов и ингибиторов.** Вещества, которые повышают активность ферментов, называют активаторами. К ним относятся преимущественно катионы ряда металлов, а также анионы. Например, амилаза слюны и поджелудочной железы активируются анионами  $\text{Cl}^-$ , входящими в  $\text{NaCl}$ . Поэтому обычная соль, наряду с улучшением вкусовых качеств корма и пищи, повышает активность фермента амилазы по расщеплению крахмала. Активатором аргиназы печени является  $\text{Mn}^{++}$ , цитохромоксидазы -  $\text{Cu}^+$ , угольной ангидразы -  $\text{Zn}^{++}$ , глутатион-пероксидазы -  $\text{Se}^{++}$ , пируваткиназы -  $\text{K}^+$ , фосфатотрансферазы -  $\text{Mg}^{++}$ . Из органических активаторов можно назвать желчные глико- и таурохолевые кислоты, действующие как эмульгаторы жира и тем самым они повышают гидролитическую активность липазы поджелудочной железы.

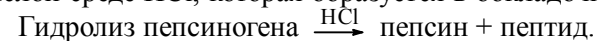
Ингибиторы – вещества, тормозящие работу ферментов. Многие из них денатурируют и необратимо нарушают их структуру, другие, соединяясь с ферментом, блокируют активные центры. Некоторые вещества (цианиды, арсениты, сероводород, монооксид углерода) являются парализаторами ферментов и считаются для живых организмов ядами.

Ингибиторы способны вызывать конкурентное и неконкурентное взаимодействие с ферментами. При конкурентном (оно обратимо) ингибировании как субстрат, так и ингибитор стремятся вступить во взаимодействие с активным центром фермента. Так, в цитратном цикле янтарная кислота ( $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ) окисляется при действии фермента сукцинатдегидрогеназы. Однако при наличии малоновой кислоты ( $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ) этот фермент не проявляет активность. Малоновая кислота, имея сходную структуру с янтарной кислотой, конкурентно взаимодействует с активным центром сукцинатдегидрогеназы, блокирует и ингибирует ее ферментативную функцию.

Неконкурентные ингибиторы, такие как тяжелые металлы (ртуть, кадмий, серебро и т.д.) при взаимодействии с молекулами ферментов или с их активными центрами вызывают нарушение их структуры, что приводит к снижению, а затем потере ферментативной активности.

Изучение механизма действия ингибиторов на ферменты дали возможность разработать приемы, методы и средства профилактики и лечения инфекционных болезней в медицине и ветеринарии. Так, создание и использование сульфаниламидных препаратов основано на том, что они, имея почти одинаковое строение с парааминобензойной кислотой, ингибируют ферментативный синтез фолиевой кислоты (витамин роста) в микробной клетке и тем самым тормозят размножение микробов и приводят к их гибели.

Ряд ферментов, таких как пепсин и трипсин, вырабатываются в неактивной блокированной форме – **проферментов**. Так, пепсиноген синтезируется в главных клетках слизистой оболочки желудка и переходит в активный фермент пепсин в желудочном соке только в кислой среде  $\text{HCl}$ , которая образуется в обкладочных клетках:



Поджелудочная железа вырабатывает трипсиноген, который переходит в кишечном соке в активный трипсин под действием фер-

мента энтеропептидазы 12-перстной кишки:

Трипсиноген  $\xrightarrow[\text{пептидаза}]{\text{энтеро}}$  трипсин + гексапептид.

Образование проферментов в клетках слизистой оболочки желудка и поджелудочной железы имеет самозащитное значение. Они недействительны внутри клетки, так как заблокированы короткой цепочкой пептида.

Более подробные данные о ферментах представлены в основной и дополнительной учебной и специальной литературе:

1. С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопатов. Биохимия животных – СПб: «Лань», 2004.- С. 57-82.

2. А.И. Кононский. Биохимия животных. – М., 1992.- С.292-335.

3. Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. Биологическая химия. М., 2000.

4. Д. Вилкинсон. Принципы и методы диагностической энзимологии. – М., 1981.

5. А.Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. Основы биохимии. Т.1, М., 1981. – С.238-320.

6. А. Хенниг. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении с/х животных. М.: «Колос», 1976.- С.465-490.

#### **Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки**

1. Что означают термины «ферменты» и «энзимы»?
2. Какова природа ферментов и их основное предназначение?
3. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Понятие апофермент, кофермент и холофермент (активный фермент).
4. Где и по какой схеме осуществляется биосинтез ферментов?
5. Понятие о клеточной локализации ферментов. Какие ферменты размещены в митохондриях, рибосомах, цитоплазме и ядре клеток?
6. Из каких материалов (сырье) получают ферменты и какие приемы и методы используются?
7. Общие свойства ферментов. Назовите ученых, внесших вклад в ферментологию.
8. Каков температурный оптимум действия ферментов и что такое термоллабильность и термостабильность?
9. Как влияет активная реакция среды на деятельность ферментов? Приведите оптимум pH для ферментов слюны, желудочного сока и сока поджелудочной железы.
10. Специфичность действия ферментов. Понятие о групповой

и индивидуальной специфичности.

11. Активаторы ферментов. Примеры специфических и неспецифических активаторов.

12. Ингибиторы ферментов. Примеры конкурентных и неконкурентных ингибиторов.

13. Понятие «активность фермента». Как выражается и определяется активность ферментов?

14. Что такое обратимость действия ферментов?

15. Какие соединения называются коферментами и какими свойствами они обладают?

16. Назовите основные коферменты - производные витаминов.

17. Расшифруйте НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup>, ФМН, ФАД, ТПФ, КоА.

18. Что такое цитохромы и какова их роль?

19. Дайте пояснения изоферментам.

20. Понятие об энергетическом барьере, энергии активации и скорости ферментативной реакции.

21. Что такое активный центр молекулы фермента?

22. Основные этапы действия фермента по теории ферментативного катализа.

23. Принципы классификации и номенклатуры ферментов. Назовите основные классы ферментов.

24. Дайте характеристики оксиредуктазам и назовите основные представители.

25. Дайте характеристику классу гидролазы и подклассам.

26. Напишите реакции действия липазы на жиры, протеазы на белки, амилазы на крахмал.

27. Пепсиноген и трипсиноген вырабатываются в клетках слизистой оболочки в неактивной форме. Под влиянием каких факторов они переходят в активное состояние?

28. Напишите схему последовательного расщепления углеводов, протеинов и липидов корма под влиянием ферментов пищеварительных соков в желудочно-кишечном тракте у моно- и полигастричных животных. Укажите роль микроорганизмов и их ферментов в этом процессе.

29. Ферменты в медицине и ветеринарии.

30. Ферменты в зоотехнии и биотехнологии.

## Индивидуальные задания для самопроверки знаний по ферментам

### Вариант 1

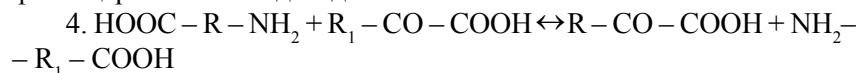
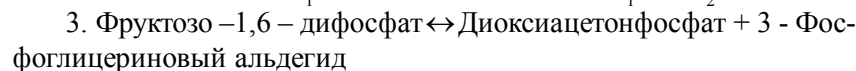
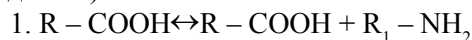
1. Укажите ферменты индивидуального действия

1. Протеаза. 2. Липаза. 3. Каталаза. 4. Амилаза. 5. Лактаза. 6. Аргиназа.

2. Укажите класс ферментов, действующих на пептидные связи

1. Лиазы. 2. Гидролазы. 3. Оксиредуктазы. 4. Трансферазы. 5. Лигазы. 6. Изомеразы.

3. Найдите реакцию, катализируемую ферментом класса лиазы (альдолаза)



4. Укажите кофермент, участвующий в процессе переноса ацильных и ацильных групп

1. ФМН. 2. НАДФ<sup>+</sup>. 3. ФАД. 4. ТГФК. 5. ТПФ. 6. АТФ. 7. КоА. 8. Гем.

5. Простетическая группа фермент-протеида называется

1. Кофермент. 2. Ферон. 3. Симплекс. 4. Кофактор. 5. Холофермент. 6. Апофермент.

6. Какое практическое значение имеет определение величины активности ферментов в биологических жидкостях и тканях?

1. Для дифференциальной диагностики нарушений обменных процессов;

2. Для определения эффективности действия лекарственных препаратов;

3. Для наблюдения и контроля за ходом лечения ряда заболеваний;

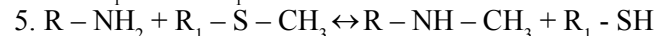
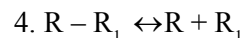
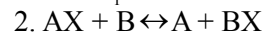
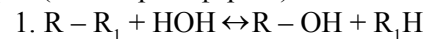
4. При разработке технологии приготовления ферментных препаратов для лечебных и технических целей.

### Вариант 2

1. Укажите ферменты, обладающие групповой специфичностью

1. Уреаза. 2. Каталаза. 3. Лактаза. 4. Амилаза. 5. Аспарагиназа. 6. Липаза.

2. Найдите реакцию, катализируемую ферментом класса трансфераз (метилтрансфераза)



3. Белковая часть фермент-протеида называется:

1. Апофермент; 2. Симплекс; 3. Ферон; 4. Холофермент; 5. Коэнзим.

4. Укажите кофермент, участвующий в процессе декарбоксилирования кетокислот

1. НАД<sup>+</sup>. 2. ФАД. 3. КоА. 4. ТГФК. 5. АТФ. 6. ТПФ.

5. Укажите основные цели применения в медицине и ветеринарии пепсина и трипсина

1. При нарушении процесса переваривания белков;

2. Для очистки ран;

3. Для разрушения тромбов;

4. Для рассасывания омертвевшей ткани;

5. Для воздействия на катаболизм белков.

### Вариант 3

1. Укажите субстрат, на который действует трипсин

1. Крахмал. 2. Мочевина. 3. Аргинин. 4. Жир. 5. Сахароза. 6. Белок. 7. Ацетилхолин

2. Укажите класс ферментов, действующих на реакцию:  $C_6H_{12}O_6 + АТФ \rightarrow$  глюкозо-6-фосфат + АДФ

1. Оксиредуктазы. 2. Трансферазы. 3. Гидролазы. 4. Лиазы. 5. Изомеразы. 6. Лигазы

3. На какой фазе ферментативного катализа (1.2.3 или 4) происходит образование:

а) активированного фермент-субстратного комплекса;

б) фермент-продуктного комплекса.



4. Укажите кофермент, участвующий в метаболизме жирных кислот.

1. НАД<sup>+</sup>. 2. ФАД. 3. КоА. 4. ТГФК. 5. АТФ. 6. ТПФ.

5. Укажите реакции фосфорилирования, гидролиза, дегидрирования, изомеризации и назовите ферменты, катализирующие их.

1. Триацил глицерин  $\xrightarrow{+3H_2O}$  глицерин + 3 жирные кислоты

2. Фруктозо - 1,6 – дифосфат → фосфодиоксиацетон + фосфоглицеральдегид.

3. Фосфодиоксиацетон → фосфоглицериновый альдегид.

4. Лактат → пируват.

5.  $(C_6H_{11}O_5)_n + H_3PO_4 \rightarrow \text{глюкозо-1-фосфат} + (C_6H_{11}O_5)_{n-1}$   
гликоген.

#### Вариант 4

1. Какой субстрат расщепляется уреазой?

1. Декстрины. 12. Мочевина. 3. Жиры. 4. Белок. 5. Крахмал. 6. Стеариновая кислота. 7. Мононуклеотиды

2. На какой фазе ферментативного катализа (1, 2, 3 или 4) уменьшается энергия активации субстрата?

1.  $E + S \xrightleftharpoons{1} ES \xrightleftharpoons{2} ES \xrightleftharpoons{3} EP \xrightleftharpoons{4} E + P$

3. Укажите кофермент, участвующий в активации уксусной и других жирных кислот.

1. НАД<sup>+</sup>. 2. ФАД. 3. ТГФК. 4. АТФ. 5. ТПФ. 6. ПФ. 7. КоА. 8. Гем.

4. Найдите реакцию, катализируемую ферментом: а) класса оксиредуктазы с участием кофермента

б) класса гидролазы

1.  $R - COOH \leftrightarrow R - H + CO_2$  2.  $R - R_1 \leftrightarrow R + R_1$

3.  $R - CH_2OH + НАД^+ \leftrightarrow R - \overset{\overset{O}{||}}{C} - H + НАДН + H^+$

4.  $R - NH_2 + R_1 - S - CH_3 \leftrightarrow R - NH - CH_3 + R_1 - SH$

5.  $R - CO - NH - R_1 + HOH \leftrightarrow R - COOH + R_1 - NH_2$

5. Какой витамин входит в состав кофермента НАД?

1. В<sub>1</sub>. 2. В<sub>2</sub>. 3. В<sub>3</sub>. 4. В<sub>5</sub>. 5. В<sub>6</sub>. 7. Фолиевая кислота

6. Какими признаками обусловлена субстратная специфичность фермента?

1. Наличием кофермента;

2. Определенными функциональными группами в активном центре фермента;

3. Химическим сродством активного центра фермента к субстрату;

4. Пространственным соответствием активного центра к субстрату;

5. Комплементарностью активного центра к субстрату.

#### Вариант 5

1. Ферменты какого класса участвуют в следующих реакциях:

1. Фруктозо – 6 – фосфат  $\leftrightarrow$  глюкозо – 6 – фосфат;

2. Фруктозо – 1, 6 – дифосфат  $\leftrightarrow$  фосфоглицериновый альдегид + фосфодиоксиацетон;

3. Фосфодиоксиацетон  $\leftrightarrow$  глицеральдегид – 3 – фосфат

4. 3 – фосфоглицериновая кислота + АДФ пируват + АТФ

5.  $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C} - COOH + НАДН + H^+ \leftrightarrow CH_3 - HCON - COOH + НАД$

6.  $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C} - CH_2 - OH + НАД \leftrightarrow CH_3CHO + НАДН + H^+$

7.  $\begin{array}{c} NH_2 \\ \diagup \\ C = O \\ \diagdown \\ NH_2 \end{array} + 2HOH \rightarrow CO_2 + 2NH_3$

1. Оксидоредуктазы, 2. Трансферазы, 3. Гидролазы, 4. Лиазы, 5. Изомеразы, 6. Лигазы.

2. Целый ряд веществ могут быть проферментами, ферментами, ингибиторами или активаторами ферментов, а также используются для синтеза коферментов. Назовите роль и назначение следующих веществ:

1. Пепсиноген. 2. Химотрипсин. 3. Гиалуронидаза. 4. Никотиновая к-та. 5. Амид никотиновой кислоты. 6. Пиридоксин. 7. Рибофлавин. 8. Тиамин.

#### Вариант 6

1. Укажите фермент окислительной группы

1. Протеаза. 2. Липаза. 3. Каталаза. 4. Амилаза. 5. Лактаза.

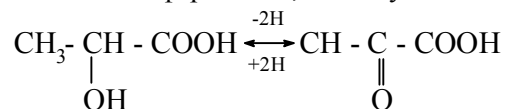
2. Укажите класс ферментов, действующих на пептидные связи

1. Лиазы. 2. Гидролазы. 3. Оксиредуктазы. 4. Трансферазы. 5. Лигазы. 6. Изомеразы.

3. Найдите реакцию, катализируемую ферментом класса лиазы (дегидратаза)

1.  $\text{RCOOH} \rightarrow \text{R} - \text{H} + \text{CO}_2$
2.  $\text{R} - \text{CO} - \text{NH} - \text{R}_1 + \text{HOH} \leftrightarrow \text{RCOOH} + \text{R}_1\text{NH}_2$
3.  $\text{HOOC} - \text{R} - \text{NH}_2 + \text{R}_1 - \text{CO} - \text{COOH} \rightarrow \text{HOOC} - \text{R} - \text{NH} - \text{CO} - \text{CO} - \text{R}_1 + \text{HOH}$

4. Укажите класс ферментов, действующих на реакцию:



1. Лиазы. 2. Гидролазы. 3. Оксиредуктазы. 4. Трансферазы. 5. Лигазы. 6. Изомеразы.

5. Какой субстрат расщепляется трипсином?

1. Крахмал. 2. Мочевина. 3. Белок. 4. Пептиды. 5. Липиды.

6. Укажите фермент, участвующий в процессе образования ацетильных и ацильных групп.

1. ФМН. 2. НАДФ<sup>+</sup>. 3. КоА. 4. ТГФК. 5. ТПФ.

7. Как изменяется активность амилазы при 1)  $t_c = 0^\circ\text{C}$ , 2)  $t_c = 41^\circ\text{C}$ , 3)  $t_c = 80^\circ\text{C}$ .

1. Понижается
2. Повышается;
3. Инактивируется;
4. Прекращается;
5. Тормозится.

### Вариант 7

1. Укажите ферменты класса гидролазы

1. Уреаза. 2. Лактаза. 3. Аспартаза. 4. Каталаза. 5. Амилаза.

2. Найдите реакцию, катализируемую ферментом класса трансфераз

1.  $\text{Ax} + \text{B} \leftrightarrow \text{A} + \text{Bx}$
2.  $\text{R} - \text{R}_1 \leftrightarrow \text{R} + \text{R}_1$
3.  $\text{AH}_2 + \text{B} \leftrightarrow \text{A} + \text{BH}_2$
4.  $\text{R} - \text{R}_1 + \text{HOH} \leftrightarrow \text{R} - \text{OH} + \text{R}_1\text{H}$

3. Простетическая группа фермент-протеида называется

1. Агон. 2. Симплекс. 3. Ферон. 4. Холофермент. 5. Коэнзим. 6. Апофермент.

4. Основное место локализации ферментной системы окисления жирных кислот в клетках

1. Ядро. 2. Митохондрии. 3. Рибосома. 4. Микросома. 5. Протоплазма.

5. Укажите кофермент, участвующий в процессе декарбоксилирования кетокислот

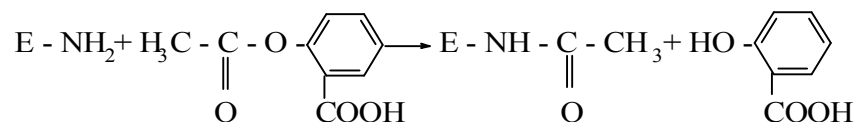
1. НАД<sup>+</sup>. 2. ФАД. 3. КоА. 4. ИГФК. 5. АТФ. 6. ТПФ.

6. Какой субстрат расщепляется амилазой слюны

1. Мочевина. 2. Жиры. 3. РНК. 4. Белок. 5. Декстрины. 6. Ацетилхолин. 7. Крахмал.

7. Объясните механизм понижения активности фермента под влиянием аспирина

Аспирин (ацетилсалициловая кислота), как лекарство (жаропонижающее, противовоспалительное, болеутоляющее), способен реагировать с ферментом по схеме:



### 4. Витамины (Краткие сведения)

Витамины – это группа биоактивных органических веществ различной химической структуры (vita – жизнь, amin – соединение, содержащее аминогруппу). Принято подразделять их по растворимости на **водо- и жирорастворимые**. Они синтезируются в растениях и поступают в организм человека и животных с пищей и кормом. Витамины входят в состав тканей и органов в малых количествах, но каждый из них участвует в регуляции определенных звеньев обмена веществ и поэтому являются незаменимыми факторами питания. Первый активный фактор жизни был выделен Функом из рисовых отрубей, который оказался эффективным при лечении болезней нервной системы. По химической структуре он оказался амином и поэтому был назван витамин – жизненно важный амин, хотя многие из них не имеют аминогруппы.

Витамины обозначаются по-разному. Чаще они имеют латинские буквенные знаки (А, В, С, Д, Е), некоторые носят химическое название (тиамин, пантотеновая кислота, рибофлавин, никотинамид) и термины, связанные с нарушениями обмена веществ и болезнями (антирахитический, антицинготный, антигеморрагический и т.д.).

Поэтому каждый из них имеет несколько названий.

Важно иметь представление о роли и значении, распространении и содержании витаминов в кормах и продуктах растительного происхождения (овощах, фруктах), о потребностях в них молодняка и взрослого организма животного в зависимости от физиологического состояния и условий окружающей среды. Недостаточное поступление того или иного витамина приводит к *гиповитаминозу*, а полное отсутствие – *авитаминозу*, которые сопровождаются нарушениями метаболизма и проявлением определенных клинических признаков – симптомов заболевания. Избыточное количество витаминов – *гипервитаминоз*, хотя встречается редко, нежелателен, ибо приводит к различным отклонениям.

Многие витамины тесно связаны с ферментами. Они *входят в состав кофакторов* – небелковой части сложных ферментов. Так, витамин B<sub>3</sub> или РР – амид никотиновой кислоты составляет основу кофактора НАД (Никотинамид Аденин Динуклеотид) или витамин B<sub>2</sub> – рибофлавин – основу ФАД (Флавинамид Аденин Динуклеотид) и т.д. Поэтому спектр действия одного витамина на жизненные процессы значительно шире по сравнению с ферментами.

Знания биогенеза и метаболизма важнейших витаминов в норме и при недостаточности необходимы при профессиональной подготовке специалистов животноводов.

К основным жирорастворимым витаминам относятся А, Д, Е, К.

**Витамин А**, ретинол, зрительный пурпур, родопсин. Незаменима роль витамина А для зрения и поэтому он еще называется антиксерофтальмическим. При недостатке у молодняка замедляется рост и развитие, у взрослых животных проявляется сухость роговицы глаза (ксерофтальмия), размягчается роговица (кератомалиция), ослабевает зрение, особенно в сумерках (куриная слепота) и темноте и при слабом освещении. Кроме этого происходят глубокие нарушения обмена веществ, замедляется биосинтез гликогена, белков, липидов, нарушается тканевое дыхание и энергетический обмен, тормозится биосинтез кортикостероидов. Природным источником витамина А для человека и животных являются растительные пигменты – каротиноиды – провитамины. Наиболее ценным является β-каротин, который при ферментативном гидролизе дает 2 молекулы витамина А.

**Витамин Д**, кальциферол, антирахитин. При недостатке и от-

сутствии у молодняка возникает рахит, у взрослых – остеомалиция, а у старых – остеопороз. При рахите кости становятся мягкими, искривляются. При остеомалиции также происходит размягчение и деформация костей, а при остеопорозе – рассасывание и разрежение компактного и губчатого вещества костей, приводящие к спонтанным переломам. Витамин Д регулирует соотношение Са : Р (2:1) в сыворотке крови, обеспечивает отложение и задержание Са в костях в виде остеоapatита. Широко используется для профилактики и лечения указанных болезней у крупного рогатого скота, овец, свиней и у кур-несушек.

**Витамин Е**, токоферол, антистерильный. При недостатке и авитаминозе нарушаются функции органов размножения. У самцов угнетается сперматогенез, у самок нарушается развитие плода с последующим выкидышем и бесплодием. Кроме этого развивается мышечная дистрофия, парезы, параличи. Витамин Е стимулирует биосинтез белков, участвует в клеточном дыхании (переносчик электронов), необходим для образования креатинфосфата, ацетилхолина, фосфатитов. Кроме этого является активным антиоксидантом – разрушает перекисные соединения. Применяют для лечения мышечной дистрофии, при патологии половых органов, беломышечной болезни молодняка.

**Витамин К** – антигеморрагический, филлохинон. Он в клетках печени включается в состав белка протромбина, который переходит в активный тромбин, обеспечивающий свертывание крови (фибриноген крови переходит в нити фибрина). Этот витамин стимулирует синтез пищеварительных ферментов – амилазы, пепсина, трипсина, липазы, энтерокиназы, а также альбуминов и глобулинов крови. Антивитамином К являются салициловая кислота, сульфонамид и дикумарол. Последний содержится в листьях донника и в заплесневелом клеверном сене, при поедании которых у животных проявляются геморагии. Витамин К и его синтетический заменитель викасол применяются при кровотечениях, гепатитах, хронических язвах, отравлениях дикумаролом.

К этой группе относится витамин F, представляющий смесь ненасыщенных жирных кислот, убихинон – витамин, производный от хинона.

К основным водорастворимым витаминам относятся B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, С.



**Витамин В<sub>1</sub>**, тиамин, аневрин. Необходим для нормальной функции как центральной, так и периферической нервной системы. При недостатке и авитаминозе наступают парезы и параличи, нарушается работа сердечно-сосудистой системы и пищеварительного тракта. Витамин В<sub>1</sub> входит в состав более 30 ферментов. Из них тиаминпирофосфат (ТПФ) как кофермент пируватдекарбоксилазы катализирует декарбоксилирование пирувата (пировиноградная кислота) и других  $\alpha$ -кетокислот. При отсутствии витамина фермент не синтезируется и в тканях накапливается пируват, который нарушает функции нервных клеток. Антивитаминном являются окситиамин и пиритиамин. Витамин В<sub>1</sub> применяется при лечении полиневритов, неврозов, стенокардии, профилактики цереброкортикального некроза у животных (В.Д.Раднагаров, С.Н.Балдаев).

**Витамин В<sub>2</sub>**, рибофлавин входит в состав более 60 флавиновых ферментов, участвующих в клеточном дыхании. Важнейшим коферментом является ФАД. При недостатке у молодняка отмечается задержка роста, а авитаминоз является причиной высокой смертности. У взрослых животных – выпадение шерсти, чаще на спине, дерматиты в области ушей, глазницы, шеи, поражение слизистой желудочно-кишечного тракта, помутнение роговицы глаза. Антагонистом является изорибофлавин, динитрофеназин. Витамин В<sub>2</sub> применяется для лечения дерматитов, гепатитов, кератитов.

**Витамин В<sub>3</sub>**, пантотеновая кислота, пантотен – широко распространенный, антидерматин. Входит в состав важнейшего кофермента – коэнзима А, который в составе более 60 ферментов участвует в синтезе и окислении липидов, углеводов, цикле трикарбоновых кислот. Особое значение имеет ацетил – КоА, в цитратном цикле, где используется для синтеза многих соединений. Антивитаминном являются аналоги – пантоилтаурин, пантоилпропаноламин. Препарат витамина пантотенат кальция применяется для лечения дерматитов.

**Витамин В<sub>5</sub>**, РР, никотинамид, никотиновая кислота, ниацин, антипеллагрический входит в молекулу многих ферментов биологического окисления, составляет основу коферментов НАД (Никотинамид - Аденин - Динуклеотид) и НАДФ (Никотинамид - Аденин - Динуклеотид - Фосфат). Они являются акцепторами и донорами электронов и протонов при окислительно-восстановительных реакциях. При авитаминозе развивается пеллагра – диареи, дерматиты, черный язык, атрофия мышц и т.д. Антивитаминны – ацетилпиридин, пиколиновая кислота, пиридинсульфокислота.

**Витамин В<sub>6</sub>**, пиридоксин, пиридоксамин, антидерматитный. Присутствует в составе многих ферментов, обеспечивающих переаминирование и декарбоксилирование аминокислот. При недостатке и авитаминозе развиваются дерматиты, судороги (эпилепсия), задержка роста, участвует в образовании ряда гормонов: адреналина, норадреналина, серотонина, гистамина. Антивитаминны: дезоксипиридоксин, диметилдиоксипиридин. Применяется при лечении гепатитов, дерматитов, экзем.

**Витамин В<sub>12</sub>**, цианкобаламин, антианемический. Стимулирует эритропоэз, синтез макроэргических соединений, биосинтез белков, нуклеиновых кислот. При недостатке и авитаминозе молодняк отстает в росте и развитии, у взрослых падает продуктивность, проявляется понос, гибель эмбрионов, паралич конечностей. В крови обнаруживаются незрелые крупные эритроциты. Молекула витамина В<sub>12</sub> сравнительно большая и характерным является наличие атома микроэлемента Со (кобальта). В растениях не синтезируется, а образуется микробами пищеварительного тракта млекопитающих и птиц при наличии микроэлемента Со. Применяется при лечении анемии, гепатита, хирургических и онкологических болезней, а также используется для повышения продуктивности животных и птицы.

**Витамин С**, аскорбиновая кислота связана с болезнью «цинга» (скорбут). При недостатке и авитаминозе у животных отмечается кровоточивость десен, кровоизлияния в слизистых оболочках и коже, развивается некротический стоматит, выпадают зубы, опухают суставы. Нарушается биосинтез гиалуроновой кислоты и коллагена в костях. Аскорбиновая кислота принимает активное участие в окислительно-восстановительных реакциях, как донор и акцептор электронов и протонов. Антагонистом является глюкоаскорбиновая кислота. Применяется для профилактики и лечения цинги, геморрагических диатезов, анемии, а также с целью повышения резистентности, смягчения и снятия интоксикаций.

Кроме указанных, определенное значение имеют такие витамины, как фолиевая кислота, биотин (витамин Н), биофлавоноиды (витамин Р), а также витаминopodobные соединения: инозит, оротовая кислота, холин, пангамовая кислота, карнитин, витамин U, парааминобензойная кислота.

Потребность животных и птиц в витаминах выражают в интернациональных единицах (ИЕ) в зависимости от возраста, вида, фи-

зиологического состояния, продуктивности, сезона года, характера рациона и т.д. Так, 1 ИЕ витамина А = 0,3 мкг ретинола (витамина А) или 0,6 мкг  $\beta$ -каротина; 1 ИЕ витамина Д = 0,025 мкг витамина Д<sub>2</sub>; 1 ИЕ витамина Е = 1 мкг  $\alpha$ -токоферолаацетата; 1 ИЕ витамина В<sub>1</sub> = 3 мкг кристаллического тиамин.

Кроме этих величин необходимое количество витаминов выражают в суточных нормах. Так, для человека достаточно около 2 мг витамина В<sub>2</sub>, а для ягненка – 1,5 теленка – 4-8 и свиней – 2-4 мг/кг корма и т.д.

#### Литература:

1. С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопатов. Биохимия животных. СПб:»Лань», 2004.-56 с.
2. А.И. Кононский. Биохимия животных. М., 1992.
3. А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. Основы биохимии. – Т.3.- М., 1981.
4. А.Хеннинг. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении с/х животных. – М.: Колос, 1976. – С.230-336.
5. В. Д. Раднатаров, С. Н. Балдаев. Методические рекомендации по созданию и применению тиаминополиминеральной кормовой добавки для профилактики цереброкортикального некроза овец. Улан-Удэ. 2003. С. 23.

#### **Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки**

1. Химическая природа и источники витаминов.
2. Общие свойства и биологическая роль витаминов.
3. Понятия авитаминозы, гиповитаминозы и гипервитаминозы.
4. Антивитамины.
5. Потребность человека и животных в витаминах. Интернациональная единица – ИЕ.
6. Витамин А. Химическая природа и свойства.
7. Основные признаки гипо- и авитаминоза А у молодняка и взрослых животных.
8. Природные источники витамина А. Провитамин А – каротиноиды.
9. Участие витамина А в обмене углеводов, липидов, белков.
10. Роль витамина А для зрения.
11. Витамин Д. Основные свойства и функции.
12. Химическая природа и источники кальциферола. Синтез ви-

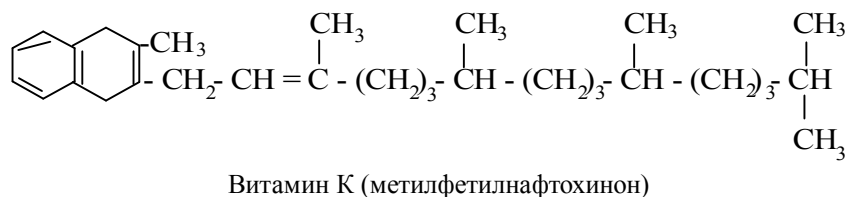
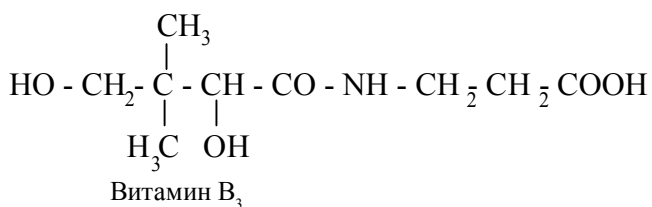
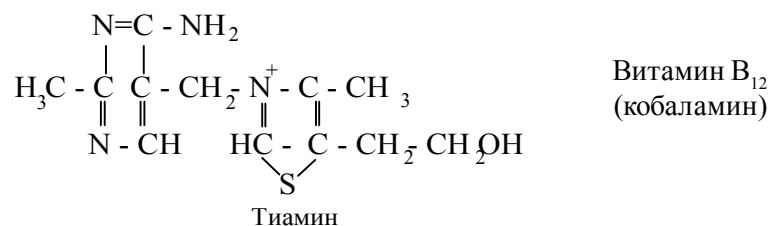
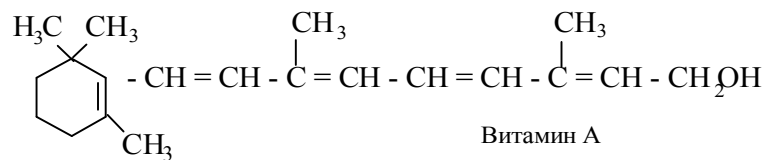
таминов Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub> в организме.

13. Причины и признаки рахита, остеомалиции и остеопороза.
14. Витамин Е. Химическое строение, свойства, природные источники и потребность животных в витамине Е.
15. Признаки гипо- и авитаминоза Е у животных.
16. Роль витамина К в свертывании крови.
17. Антивитамины К: дикумарол, салициловая кислота.
18. Витамин В<sub>1</sub>. Признаки гипо- и авитаминоза.
19. Участие в обмене и коферментные функции витамина В<sub>1</sub>.
20. Роль тиаминпирофосфата (ТПФ) в декарбоксилировании пирувата и образовании ацетил – КоА.
21. Витамин В<sub>2</sub>. Признаки гипо- и авитаминоза. Флавиновые ферменты.
22. Роль и значение ФАД.
23. Витамин В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота), как составная часть кофермента КоА. Роль ацетил КоА в активации жирных кислот.
24. Витамин В<sub>5</sub> как составная часть коферментов биологического окисления (НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup>).
25. Витамин С. Химическое строение и свойства. Природные источники, потребность.
26. Участие в обмене, гипо- и авитаминозы С.
27. Применение и лечебные свойства витамина С.

#### **Индивидуальные задания для самоконтроля по витаминам**

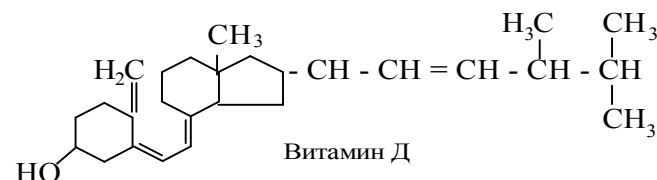
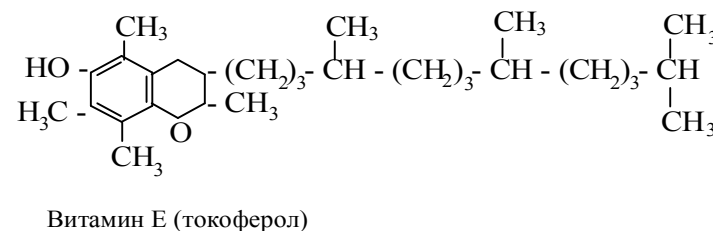
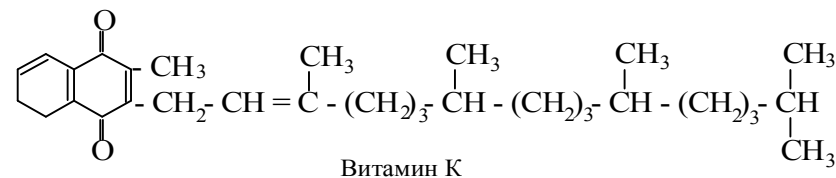
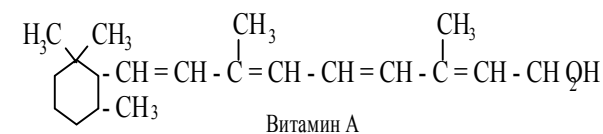
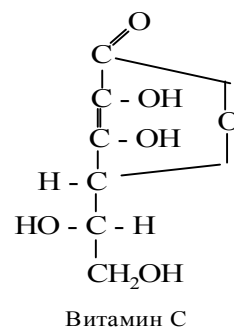
##### **Вариант 1**

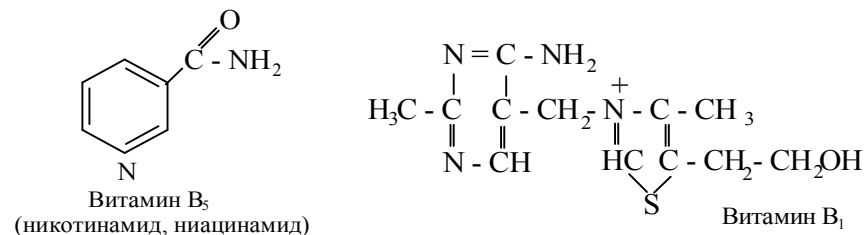
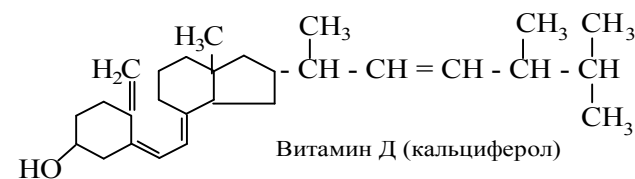
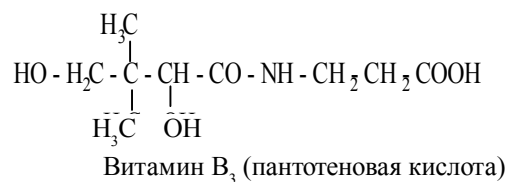
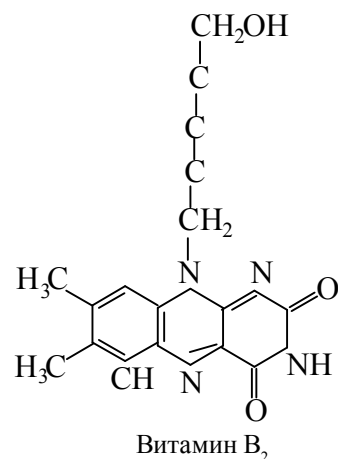
1. Найдите и назовите антинеовритный витамин.
2. Какой витамин входит в состав биокатализаторов, ускоряющих реакции декарбоксилирования и переаминирования аминокислот?
3. Найдите пантотеновую кислоту, антидерматитный фактор.
4. Укажите витамин, антагонистами которого являются: дикумарол и салициловая кислота.
5. Найдите и назовите антипеллагрический витамин.
6. При отсутствии какого витамина нарушается нормальное кроветворение в костном мозге и развивается анемия.



## Вариант 2

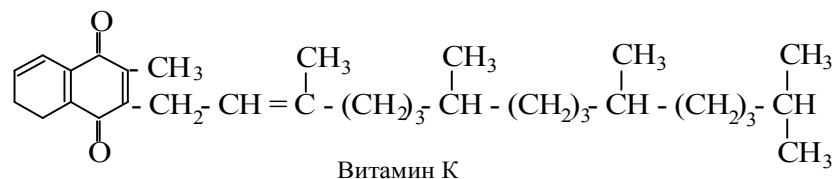
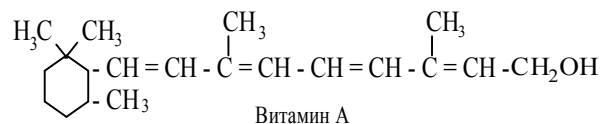
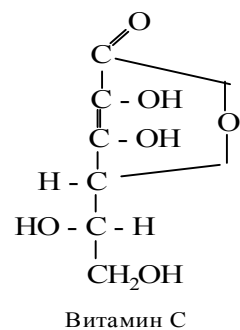
1. Найдите и назовите антистерильный витамин.
2. Какой витамин входит в состав коэнзима А (КоА), принимающего участие в обмене жиров, углеводов и белков?
3. Найдите витамин, входящий в состав кофермента ФАД.
4. Укажите витамин, синтезируемый в организме животных под действием УФ-лучей.
5. Найдите и назовите витамин резистентности.
6. Какой витамин входит в состав родопсина?





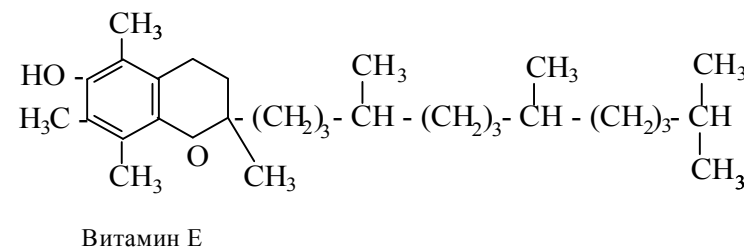
### Вариант 3

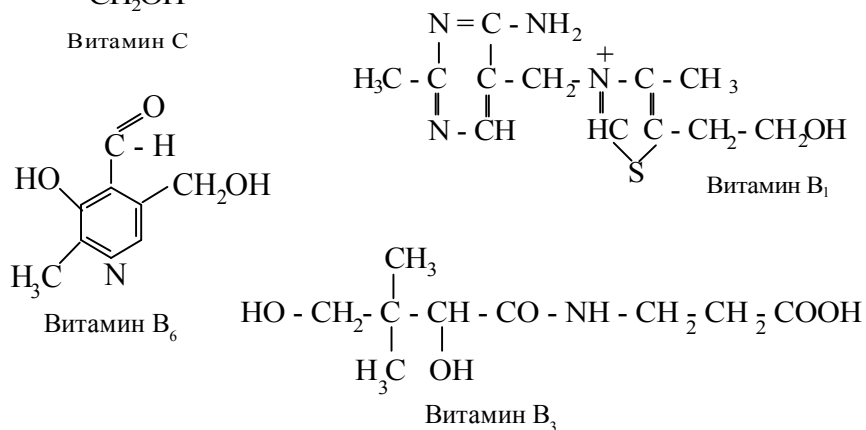
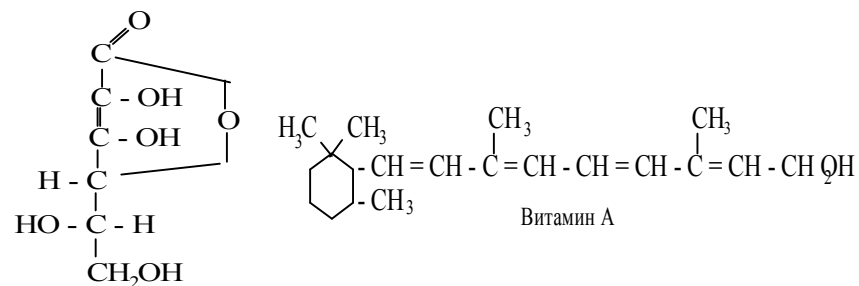
1. Найдите и назовите антигеморрагический витамин.
2. Какой витамин принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях и является антицинготным?
3. Найдите тиамин, аневрин.
4. Укажите витамин, входящий в состав родопсина (зрительного пурпура).
5. Найдите и назовите антирахитический витамин.
6. Какой витамин входит в состав кофермента НАД?



### Вариант 4

1. Найдите и назовите витамин, образующийся из каротина.
2. Какой витамин входит в состав коферментов НАД<sup>+</sup> и НАДФ<sup>+</sup>, участвующих в тканевом дыхании.
3. Найдите витамин, называемый тиамин или аневрин.
4. Укажите витамин, антагонистом которого является дезокси-пиридоксин.
5. Найдите и назовите антискорбутный фактор.
6. Какой витамин обеспечивает нормальную функцию органов размножения?

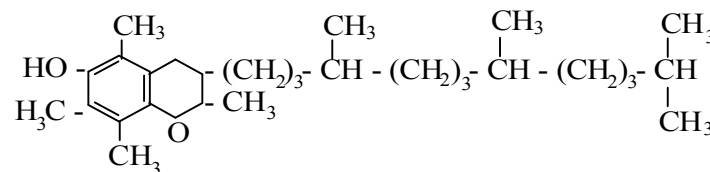
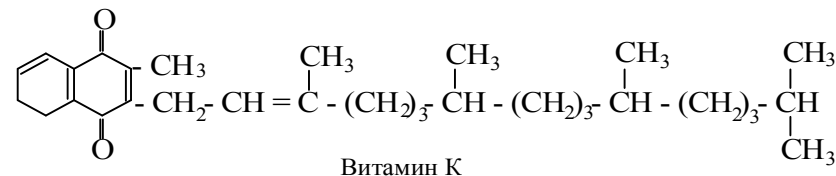
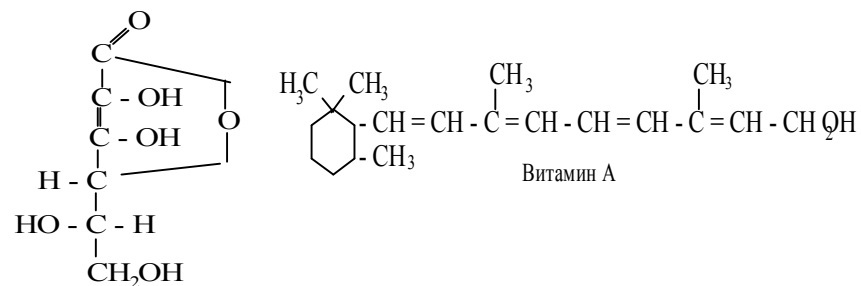
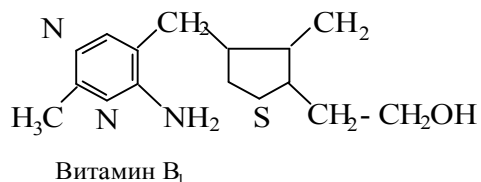




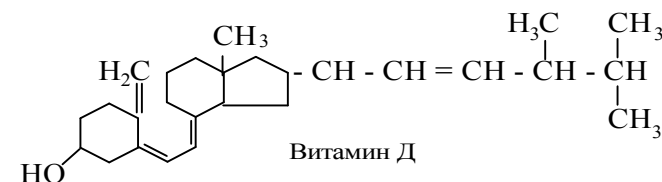
### Вариант 5

Найдите и дайте другие названия витаминам:

1. Антицинготный
2. Антигеморрагический
3. Антиневритный
4. Антискерофтальмический
5. Антистерильный
6. Антирахитический



Витамин Е (токоферол)



### Вариант 6

Какие основные клинические признаки недостаточности и авитаминоза соответствуют указанным витаминам:

1. Пиридоксина; 2. Ретинола; 3. Тиамина; 4. Аскорбиновой кислоты; 5. Кальциферола; 6. Кобаламина; 7. Никотинамида.

1. Дерматит в углах рта, вокруг глаз, себоррейные дерматиты, остановка роста, дегенеративные изменения нервной системы, судороги.

2. Кровоточивость десен, кровоизлияния в подкожную клетчатку, боли в мышцах, вялость и апатия, падение резистентности.

3. Замедление роста и развития молодняка, нарушение зрения – куриная слепота, сухость глаз, кератомалиция, развитие стоматита, гастрита и колита.

4. Нарушение отложения кальция в костях, развитие рахита у молодняка, остеомалиция и остеопороз у взрослых, снижение содержания минеральных веществ в скелете.

5. Возникновение периферического полиневрита, нарушение сердечной деятельности, при авитаминозе парезы и параличи, цереброкортикальный некроз.

6. Торможение роста и развития у молодняка, падение продуктивности у взрослых, уменьшение уровня гемоглобина и количества эритроцитов в крови, развитие анемии, гепатита.

### Вариант 7

Укажите биохимические функции витаминов:

1. В<sub>1</sub> (тиамин); 2. В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота); 3. В<sub>5</sub> (никотинамид); 4. В<sub>6</sub> (пиридоксин); 5. Е (токоферол); 6. К (филлохинон); 7. С (аскорбиновая кислота)

1. Участие в процессах биологического окисления в составе коферментов НАД и НАДФ.

2. Участие в синтезе протромбина и тромботропина, в переносе электронов от НАД·Н<sub>2</sub> на цитохромы.

3. Выполнение функций кофермента при декарбоксилировании пировиноградной кислоты и окислительном декарбоксилировании α-кетоглутаровой кислоты в цитратном цикле.

4. Выполнение функций кофермента при переаминировании и декарбоксилировании аминокислоты.

5. Участие в составе КоА в биосинтезе и окислении липидов, углеводов, как промежуточный акцептор и переносчик ацилов.

6. Участие в образовании креатина и фосфокреатина, биосинтезе фосфатидов, ацетилхолина, в укреплении мембран, выполняет роль антиоксиданта.

## 6. Гормоны

### (Краткие сведения)

Термин гормон происходит от греческого слова «*χορμαο*», означающее «возбуждать, приводить в движение». Гормоны синтезируются в эндокринных железах и поступают в кровь. Поэтому эти органы называют железами внутренней секреции. Они функционируют в тесной связи с центральной нервной системой, корой головного мозга и под влиянием их импульсов усиливаются или ослабляются секреции гормонов. Гормоны действуют как **химические посредники**, переносящие конкретную информацию в определенную мишень – клетку, орган или ткань, в которых имеются рецепторы. При взаимодействии гормонов с рецепторами происходит «возбуждение» – усиление ферментных реакций, которые протекают согласованно, не мешая друг другу, обеспечивают гармоничный, синхронный баланс биохимических процессов в целом организме.

Для гормонов характерен небольшой период «**полужизни**» – меньше одного часа. Поэтому они постоянно синтезируются в железах внутренней секреции и поступают в кровь, действуют быстро и легко инактивируются (разрушаются).

Эндокринные железы делятся на группы по природе синтезируемых гормонов: а) продуцирующие стероидные гормоны, б) продуцирующие белковые и полипептидные гормоны, в) образующие гормоны производные аминокислот.

Для синтеза тироксина – гормона щитовидной железы используется аминокислота тирозин и микроэлемент йод. Недостаток или отсутствие йода в питьевой воде, кормах и пище является главной причиной гипопункции щитовидной железы (**эндемический зоб**). Это заболевание проявляется среди людей и домашних животных в определенных ландшафтах – природных зонах и регионах с недостаточным содержанием микроэлемента йода в почве, воде, растениях, а отсюда в кормах и пище. К эндемической зоне относится Забайкалье (Бурятия, Читинская область).

Избыточное образование тироксина приводит к тиреотоксикозу. Вещества, тормозящие функцию щитовидной железы называются антигипотиреоидными. К ним относятся: тиомочевина, тироурацил, диаминобензол, диаминодифенилметан.

Ряд гормонов, которые синтезируются передней долей гипофиза, оказывают влияние на функцию других эндокринных желез. Так,

соматотропин или гормон роста, имея белковую природу, активизирует работу ферментов (ДНК-полимераз), повышает биосинтез белков, углеводов, деление клеток, остеогенез. Тиреотропный гормон стимулирует синтез гормона тироксина щитовидной железой. Кортикотропный гормон активизирует работу коркового слоя надпочечников. Пролактин или лактотропин (маммотропин) регулирует развитие и функцию молочной железы. Фоллитропин или фолликулостимулирующий гормон обеспечивает у самок созревание фолликулов яичника, у самцов – сперматогенез. Гормоны задней доли гипофиза (нейрогипофиз) вазопрессин или антидиуретический – повышает кровяное давление путем сужения кровеносных сосудов, а окситоцин поднимает тонус гладких мышц, особенно матки.

Гормоны поджелудочной железы инсулин, глюкагон и ваготонин имеют полипептидную и белковую природу. Инсулин, главным образом, стимулирует углеводный обмен, обеспечивая синтез и отложение в печени и мышцах гликогена. Глюкагон увеличивает содержание сахара (глюкозы) в крови за счет распада гликогена. Ваготонин стимулирует парасимпатические нервы и тем самым тормозит распад гликогена и приводит к понижению сахара в крови.

Гормоны, вырабатываемые в семенниках самцов (**андрогены**), тестостерон, андростерон и дегидроандростерон, в яичнике самок (**эстрогены**) эстрон, эстрадиол и эстриол, а также гормон желтого тела прогестерон выполняют репродуктивные функции, обеспечивая нормальную функцию органов размножения, развитие вторичных половых признаков.

Гормоны коры надпочечников – кортикостерон, кортизон и др. имеют стероидную природу. Они оказывают влияние на распад и синтез белков, повышают уровень глюкозы в крови и накопление гликогена в печени, воздействуют на водно-солевой обмен. Мозговой слой надпочечников синтезирует адреналин и норадреналин. Они являются производными диоксобензола и обладают широким спектром действия, влияя на обмен углеводов, белков, липидов.

Гормоноиды или паратгормоны не имеют строгой локализации и образуются в различных органах и тканях. К ним относятся простогландины и гормоноиды пищеварительного тракта. Они также как гормоны обладают кратковременным действием. **Простогландины** впервые выделены из предстательной железы и представляют собой ненасыщенные жирные кислоты, имеющие 20 углеродных атомов (их называют эйкозаноиды от греческого слова «eikosie» - двад-

цать). Молекулы простогландинов состоят из кольца цикlopентана, от которого отходят две боковые углеводородные цепи с разным числом двойных связей. Они образуются из линолевой, линоленовой и арахидоновой ненасыщенных жирных кислот. Простогландины относят к местным или клеточным гормонам, они воздействуют на активность фермента аденилатциклазы, от которой зависит синтез циклической АМФ, гликогенолиз, липолиз, работа надпочечников. Простогландины применяют при лечении бронхитов, артритов, синхронизации охоты у самок, стимуляции опоросов.

К **гормоноидам пищеварительного тракта** относится гастрин слизистой оболочки привратника желудка. Он повышает выделение желудочного сока и сока поджелудочной железы. Секретин – продукт слизистой оболочки тонкой кишки, всасываясь в кровь, воздействует на поджелудочную железу. Нейрогормоны синтезируются в клетках ядер промежуточного мозга, к ним относят гистамин, серотонин, ацетилхолин. Гистамин образуется из аминокислоты гистидина в пищевом канале, легких и коже, увеличивает желудочную секрецию и тонус гладких мышц.

Серотонин синтезируется из аминокислоты триптофана в слизистой оболочке кишок и поджелудочной железе, он влияет на работу нервной, сердечно-сосудистой, мышечной, мочеполовой и эндокринной систем. Нарушение синтеза серотонина может служить причиной инфаркта миокарда, язвенной и психической болезней. Ацетилхолин синтезируется в нейронах центральной и периферической нервной системы, особенно в клетках парасимпатических ганглиев из холина и ацетил-КоА при наличии фермента холинтрансферазы, ацетилтрансферазы,  $Mg^{2+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Ca^{2+}$ . Ацетилхолин является медиатором нервного возбуждения.

#### Литература:

1. С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопаткин. Биохимия животных. СПб: «Лань», 2004.- С.92-127.
2. А.И. Кононский. Биохимия животных. М., 1992.- С.349-389.
3. А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. Основы биохимии.- Т.3 – М., 1982.
4. Т. Берзин. Биохимия гормонов.- М.: Мир, 1964.
5. А. Хенниг. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении с/х животных.- М. Колос, 1976.- С.337-377.

### Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки

1. Что означает термин «гормоны», где осуществляется их синтез?
2. Какова химическая природа и классификация гормонов?
3. Назовите основные белковые гормоны, где они вырабатываются?
4. Какие гормоны относятся к группе стероидных гормонов и где они синтезируются?
5. Пептидные гормоны и гормоны производные аминокислот. В каких железах они образуются?
6. Количество и концентрация отдельных гормонов в организме и время их действия.
7. Понятие о пусковых гормонах и гормонах исполнителях.
8. Что известно о механизме действия гормонов?
9. Гормоны передней доли гипофиза (аденогипофиз). Природа и биологическое действие соматотропина.
10. Роль пролактина, фоллитропина, лютеотропина, тиреотропина, кортикотропина, меланотропина.
11. Гормоны задней доли гипофиза, химическая природа и биологическое действие вазопрессина, окситоцина.
12. Гормоны щитовидной железы (тиреоидные).
13. Биосинтез тироксина. Роль и значение йода.
14. Гипофункция (кретинизм, эндемический зоб) и гиперфункция (базедова болезнь) щитовидной железы.
15. Гормоны поджелудочной железы (инсулин, глюкагон, липокаин, ваготонин) и их природа.
16. Механизм действия инсулина и глюкагона на углеводный обмен.
17. Сахарный диабет. Биологическая роль инсулина. Применение в медицине и ветеринарии.
18. Андрогены, химическая природа, биосинтез.
19. Биологическая роль андрогенов и их применение в животноводстве.
20. Гормоны яичников. Цикличность биосинтеза эстрогенов.
21. Биологическое действие гормонов яичников. Применение их синтетических аналогов в животноводстве и ветеринарной медицине.
22. Гормон желтого тела яичника и его роль в организме самок.

23. Стероидные гормоны надпочечников и их участие и влияние на обмен веществ.
24. Адреналин и норадреналин, действие их на обменные процессы, сердечно-сосудистую систему.
25. Понятие о гормоноидах (паратгормонах).
26. Биосинтез простогландинов и их биологическое действие.
27. Гормонoiды желудочно-кишечного тракта.
28. Нейрогормоны: гистамин, серотонин, ацетилхолин.
29. Основные причины и признаки а) кретинизма, б) микседемы, в) эндемического зоба, г) акромегалии, д) гигантизма, е) диабета, ж) импотенции, з) бронзовой болезни, и) бесплодия.

### Индивидуальные задания по гормонам

#### Вариант 1

1. Назовите гормоны мозгового слоя надпочечников и дайте описание.
2. Природа половых гормонов самцов и их назначение.
3. Назовите гормоны коры надпочечников.
4. Какие гормоны являются производными аминокислот?
5. Назовите эстрогены, оказывающие специфическое действие на развитие вторичных признаков самок.
6. Где синтезируются нейрогормоны и какова их роль?

#### Вариант 2

1. На какие классы подразделяются гормоны по химическому составу?
2. Назовите половой гормон самок, влияющий на созревание яйцеклеток.
3. Опишите гормоны щитовидной железы.
4. Где образуются минералокортикостероиды, способствующие поддержанию определенного уровня электролитов в крови?
5. Назовите гормонoiды и чем они отличаются от гормонов?

#### Вариант 3

1. Какие гормоны относятся к эстрогенам и андрогенам?
2. Где синтезируется гормон желтого тела яичника и какова его роль?



3. Перечислите гормоны коры надпочечников. Какова их природа?

4. Какие гормоны оказывают влияние на обмен углеводов?

5. Укажите половые гормоны, стимулирующие деление клеток и особенно образование костной ткани.

6. Назовите гормоноиды или паратгормоны. Где они образуются и какова их роль?

#### Вариант 4

Укажите эндокринную железу, при гипофункции которой:

1. Возникает сахарный диабет (гипергликемия, глюкозурия, полиурия, наступает общая слабость, исхудание).

2. Нарушается постоянство водно-солевого обмена в организме, возникает несахарный диабет (количество мочи, выделяемой за сутки, возрастает во много раз).

3. Наблюдается преждевременное половое созревание, активизируется АКТГ и действие соматотропина.

4. Возникает бронзовая окраска кожи и слизистых оболочек, наступает гипогликемия, гипоксемия, нарушается водно-солевой обмен.

5. Развивается эндемический зоб.

6. Проявляется импотенция, инфантилизм, нарушение репродуктивных функций.

#### Вариант 5

1. Какой из указанных гормонов (адреналин, глюкагон, инсулин, кортизон) обеспечивает следующие проявления в органах-мишенях:

- Стимулирует распад гликогена в печени и мышцах.
- Стимулирует синтез гликогена в печени и мышцах.
- Увеличивает поступление глюкозы в мышечную ткань.
- Стимулирует синтез жиров в жировой ткани.
- Усиливает катаболизм аминокислот в мышцах.

2. На какие процессы влияют кальцитонин и паратгормон?

- Усиливает мобилизацию кальция из костей.
- Стимулирует отложение кальция в костях.
- Активизирует аденилатциклазу в клетках-мишенях.
- Снижает реабсорбцию фосфатов.

- Повышает усвоение фосфатов.
- Стимулирует задержку натрия в тканях.
- Усиливает реабсорбцию воды.

2. Какие гормоны применяются в животноводстве и ветеринарии для стимуляции роста и развития молодняка, половых функций самок и самцов, профилактики и лечения сахарного диабета, эндемического зоба, импотенции, нарушений минерального обмена?

#### Вариант 6

1. Укажите гормоны, усиливающие депонирование энергетических веществ в организме:

Адреналин	Кальцитонин
Альдостерон	Инсулин
Глюкагон	Тироксин
Кортизон	Соматотропин

2. Назовите признаки, которые характерны для голодания и сахарного диабета и дайте пояснения:

Алкалоз	Кетонемия
Ацидоз	Глюкозурия
Гипогликемия	Полиурия
Гипергликемия	Кетонурия

3. Назовите симптомы и последствия, которые проявляются при атрофии, гипо- и гиперфункции щитовидной железы в период роста и развития, а также при гипо- и гиперфункции у взрослого организма:

Базедова болезнь	Кахексия
Эндемический зоб	Кретинизм
Замедление и остановка роста	Гигантизм

#### *Индивидуальные контрольные задания для письменных ответов по витаминам, гормонам и ферментам.*

#### Вариант 1

1. Напишите биохимические процессы, лежащие в основе зрительного акта.

2. При отсутствии какого витамина у млекопитающих выпадает шерсть, возникают себорейные дерматиты, изъязвляются слизистые оболочки пищевого канала?

3. Клинические признаки цинги и причины ее возникновения.

4. Какие витамины входят в состав коферментов (НАД, НАДФ, ФАД)?

5. Какие гормоны относятся к группе стероидных?

6. Сахарный диабет и причины его возникновения.

7. Назовите кортикостероиды и почему они так называются?

8. Основные свойства ферментов.

9. Какие ферменты синтезируются в поджелудочной железе?

### Вариант 2

1. Клинические признаки рахита и причины его возникновения.

2. Какой витамин является природным антиоксидантом?

3. Какой витамин входит в состав коферментов ФМН и ФАД?

4. Какие гормоны являются гормонами-исполнителями и почему?

5. Клинические признаки гиперфункции щитовидной железы.

6. Какой гормон гипофиза участвует в поддержании водно-солевого обмена в организме и является антидиуретиком?

7. Какой гормон активирует деятельность ДНК-полимераз и усиливает биосинтез иРНК, рРНК и белков?

8. Каков механизм действия ферментов?

9. Назовите ферменты, относящиеся к гидролазам.

### Вариант 3

1. Какой витамин входит в состав кофермента ТПФ?

2. Клинические признаки эндемического зоба и причины его возникновения.

3. Какой витамин является антигеморрагическим?

4. Какой витамин входит в состав ферментов, участвующих в дезаминировании, переаминировании и декарбоксилировании аминокислот.

5. Гормоны яичников и желтого тела и их роль.

6. Какие гормоны участвуют в регуляции углеводного обмена?

7. Основные условия для деятельности ферментов.

8. Активаторы и парализаторы ферментов.

9. Каков смысл названий «токоферол», «кальциферол», «аскорбиновая кислота»?

### Вариант 4

1. Напишите биохимические реакции синтеза тироксина.

2. При отсутствии какого витамина у животных проявляется осте-

опороз и остеомалиция?

3. Клинические признаки авитаминоза А и меры их устранения и профилактики.

4. Какие витамины входят в состав дыхательных ферментов?

5. Какие гормоны относятся к группе производных от аминокислот?

6. Что такое диабет и причины его возникновения?

7. Назовите тироидные гормоны и почему они так называются?

8. Специфичность ферментов.

9. Какие ферменты синтезируются в рубце у жвачных животных?

### Вариант 5

1. Клинические признаки авитаминоза В<sub>1</sub> и причины его возникновения.

2. Какой витамин участвует в процессах окисления и восстановления? Напишите формулу и реакцию.

3. Какой витамин входит в состав протромбина и тромбина?

4. Какие гормоны влияют на рост и развитие организма?

5. Клинические признаки эндемического зоба и причины его появления.

6. Функции гормона желтого тела яичника.

7. Какие вещества активируют деятельность пищеварительных ферментов?

8. Обратимость действия ферментов.

9. Назовите ферменты, относящиеся к оксидоредуктазам.

### Вариант 6

1. Какой витамин входит в состав зрительного пурпура (родопсина)?

2. Клинические признаки кретинизма и гигантизма, причины их возникновения.

3. Какой витамин является антистерильным?

4. Какие ферменты участвуют в дезаминировании, переаминировании и декарбоксилировании аминокислот?

5. Гормоны надпочечников и их роль.

6. Какие гормоны относятся к группе андрогенов и эстрогенов?

7. Зависимость деятельности ферментов от реакции среды.

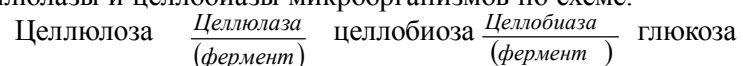
8. Простые и сложные ферменты. Изоферменты.

9. Назовите известные проферменты и условия их перевода в ферменты.

### Раздел III. Обмен углеводов (Краткие сведения)

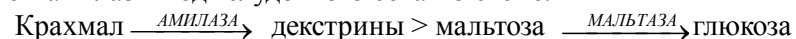
Обмен углеводов складывается из понятий: потребление различных углеводов животными с кормом, **переваривание** сложных углеводов и их превращение в желудочно-кишечном тракте, **всасывание** продуктов расщепления – моносахаридов и других соединений в кишечнике, транспорт моносахаридов к тканям и органам и их использование для синтеза животного крахмала – гликогена и других веществ. **Собственный обмен углеводов** – это гликолиз, гликогенолиз и синтез макроэргических соединений, образование конечных продуктов распада углеводов и их **выделение**.

Переваривание основного полисахарида целлюлозы (клетчатки) таких кормов, как пастбищная трава, сено, силос и др. у жвачных животных происходит в преджелудках под действием ферментов целлюлазы и целлобиазы микроорганизмов по схеме:

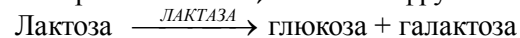
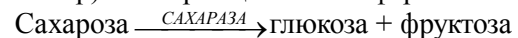


(не растворима в воде)      (растворима в воде)

У жвачных животных в рубце большая часть глюкозы подвергается микробному брожению преимущественно с образованием уксусной кислоты. Другой полисахарид – крахмал корма начинает расщепляться в ротовой полости под влиянием амилазы слюны. В желудке моногастричных и сычуге полигастричных животных гидролиз крахмала тормозится из-за того, что амилазы слюны и микробов теряют свою активность в солянокислой среде желудочного сока. Возобновляется расщепление крахмала корма в кишечнике под влиянием амилазы поджелудочного сока по схеме:



Дисахариды (сахароза - свекловичный сахар, лактоза – молочный сахар) легко расщепляются ферментами по схеме:



Нормальное переваривание молочного сахара под действием ферментов имеет особое значение для новорожденных и молодняка млекопитающих в молочный период.

Таким образом, при переваривании различных углеводов в ЖКТ

животных образуется преимущественно глюкоза. Моносахариды всасываются в кишечнике, поступают в кровь и доставляются во все органы и ткани.

Уровень глюкозы в крови животных достигает 85-120 мг%, а у жвачных животных – 50-60 мг%. У последних из ЖКТ поступает в кровь наряду с глюкозой продукт ее брожения – уксусная кислота.

В период максимального переваривания углеводов и всасывания продуктов расщепления уровень глюкозы в крови увеличивается (алиментарная гликемия). Большая часть глюкозы, поступившей из ЖКТ, используется для синтеза и накопления гликогена (животного крахмала) в печени, мышечной и других тканях. Поэтому количество глюкозы в крови снижается до нормального уровня. Созданный “запас” гликогена расходуется в промежутке до следующего приема корма.

Промежуточный или собственный обмен основных углеводов (глюкозы, гликогена) в организме протекает по аэробному (кислородному) и анаэробному (бескислородному) циклам окисления, в процессе которых освобождается потенциальная энергия. Эта энергия переходит в АТФ (Аденозин Три Фосфат) и другие макроэргические соединения и становится доступной для биохимических реакций, сокращения мышц и жизнедеятельности клеток, тканей, органов и всего организма.

Для понятия и усвоения сложного промежуточного (собственного) обмена углеводов в организме животных предлагается ряд схем с наводящими контрольными вопросами.

Превращение глюкозы (гликолиз) и гликогена (гликогенолиз) взаимосвязаны. Центральным является метаболизм глюкозы, которая поступает из желудочно-кишечного тракта, а затем используется для синтеза гликогена и других моносахаридов, образования продуктов расщепления и других соединений, по схеме 1.

#### Контрольные вопросы по общему метаболизму глюкозы и гликогена.

1. Используя общую схему (1) метаболизма глюкозы, дайте объяснение: где и под действием каких ферментов происходит переваривание углеводов корма: а) у моногастричных; б) у полигастричных животных.

2. Напишите возможные реакции образования глюкозы из:

- а) аминокислот;                      в) гликогена;  
б) глицерина;                      г) других моносахаридов.

3. Где и с участием каких ферментов происходит биосинтез гликогена из глюкозы? Распишите последовательность этого процесса.

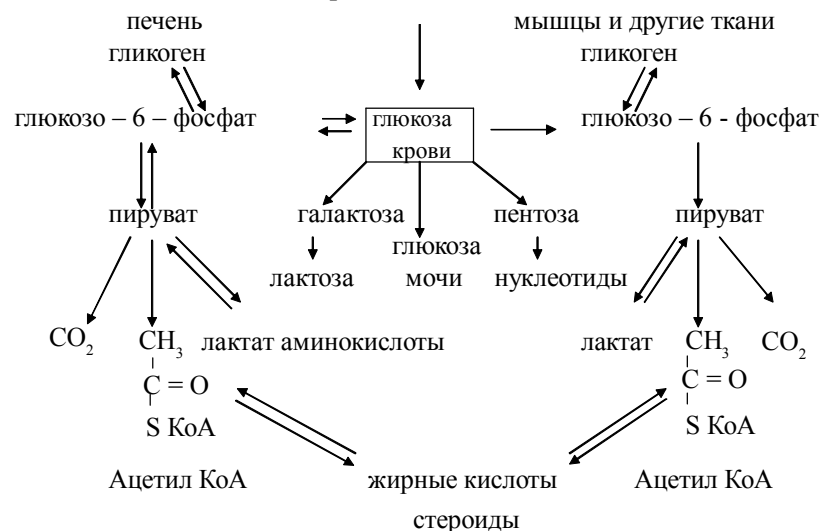
4. Объясните сущность биосинтеза гликогена в печени и мышечной ткани.

5. Объясните роль инсулина и других гормонов в регуляции углеводного обмена.

6. Опишите причины и симптомы сахарного диабета.

### Метаболизм углеводов. Схема 1.

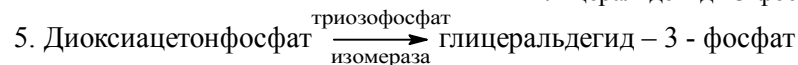
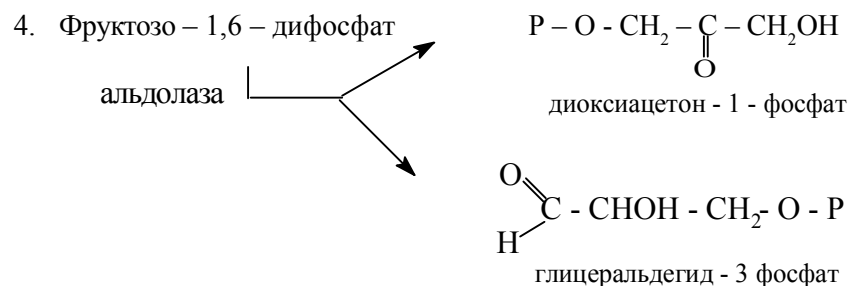
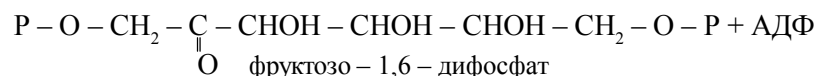
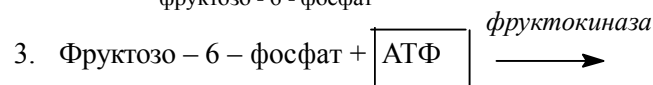
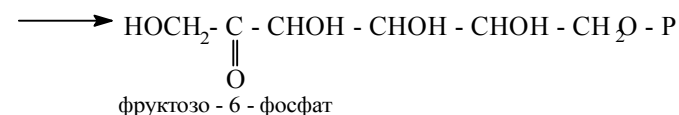
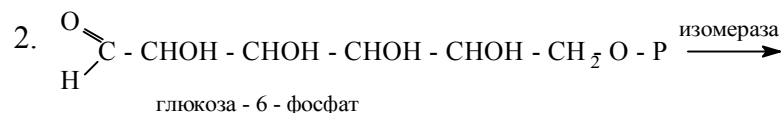
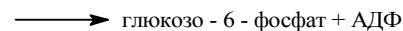
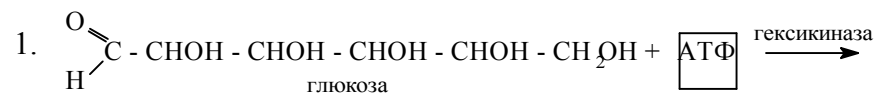
Превращение углеводов  
корма и пищи в ЖКТ



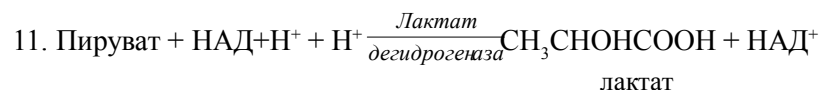
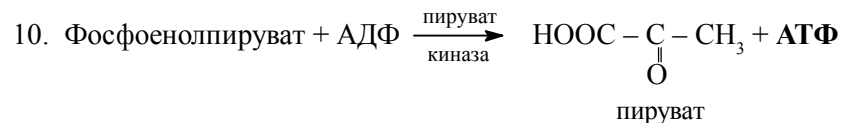
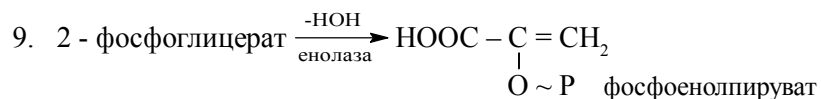
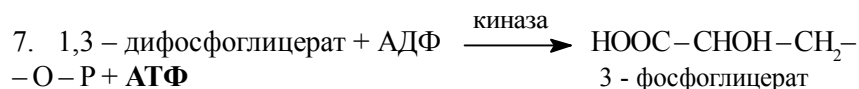
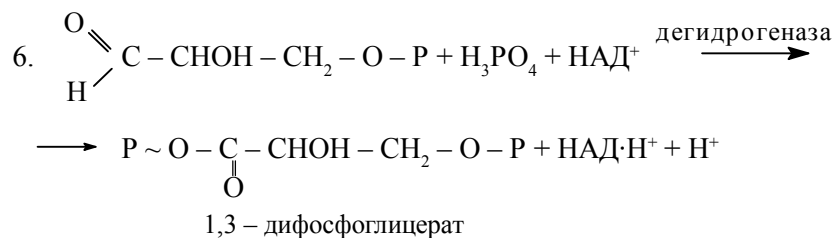
Превращение глюкозы (гликолиз) и гликогена (гликогенолиз) начинается с реакций фосфорилирования. Анаэробный гликолиз и гликогенолиз представлены как последовательные ферментативные (1-11) реакции и в виде схемы 2А, аэробное окисление углеводов и реакции образования три- и дикарбоновых кислот расписаны как частично замкнутый цикл и дополнительно дана схема 2Б. Пентозо-фосфатное превращение глюкозы также написано реакциями и схемой 3.

### Анаэробное превращение углеводов.

**Гликолиз** - это ферментативные превращения глюкозы в анаэробных условиях. Он начинается с реакции фосфорилирования с использованием АТФ и с последующими реакциями:

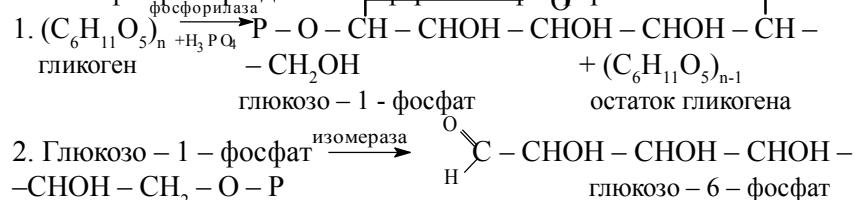


На этой стадии гликолиза из одной молекулы глюкозы образуется две молекулы глицеральдегид-3-фосфата, которые подвергаются дальнейшим превращениям.



В итоге в анаэробной фазе расщепления молекулы глюкозы образуется 2 молекулы лактата (молочной кислоты) и 4 молекулы АТФ. На реакции фосфорилирования (1 и 3) используются 2 молекулы АТФ. Отсюда выход свободной энергии при анаэробном гликолизе моля глюкозы составляет 2 АТФ.

**Гликогенолиз** – ферментативное превращение полимера гликогена, как и мономера глюкозы, начинается с фосфорилирования, но в отличие от гликолиза в данной реакции используется неорганический фосфат при действии фермента фосфорилаза.

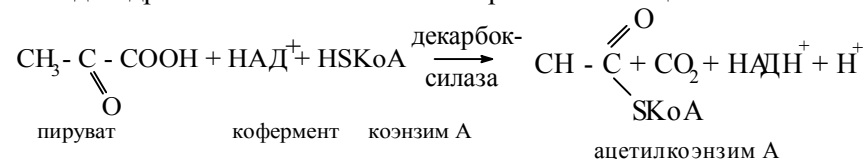


Далее превращение глюкозо – 6 – фосфата протекает по пути гликолиза. Объединенные пути гликолиза и гликогенолиза представлены на схеме 2А.

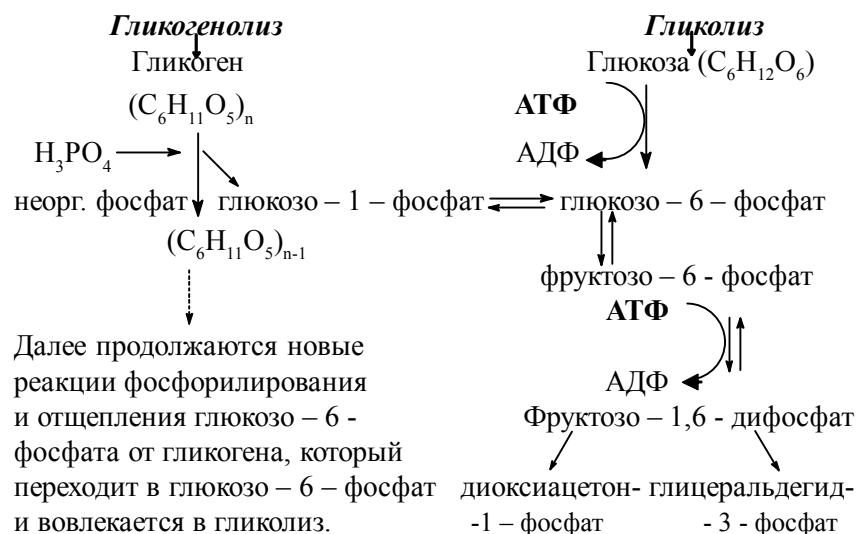
При гликогенолизе для реакций фосфорилирования используется 1 молекула АТФ для превращения фруктозо – 6 – фосфата во фруктозо – 1,6 – дифосфат. Образуется при этом, как при гликолизе, 4 молекулы АТФ. Поэтому энергетический итог гликогенолиза больше на 1 моль АТФ, чем при гликолизе и это выгодно для организма.

### Аэробное превращение углеводов.

В аэробных условиях превращение глюкозы и гликогена идет по такой же схеме, как при анаэробной фазе, до образования пирувата. Пируват не восстанавливается до лактата (реакция 11, гликолиза), а происходит окислительное декарбоксилирование его под действием трех ферментов (НАД<sup>+</sup>, декарбоксилаза, коэнзим А) – пируватдегидрогеназного комплекса с образованием ацетилкоэнзима А:

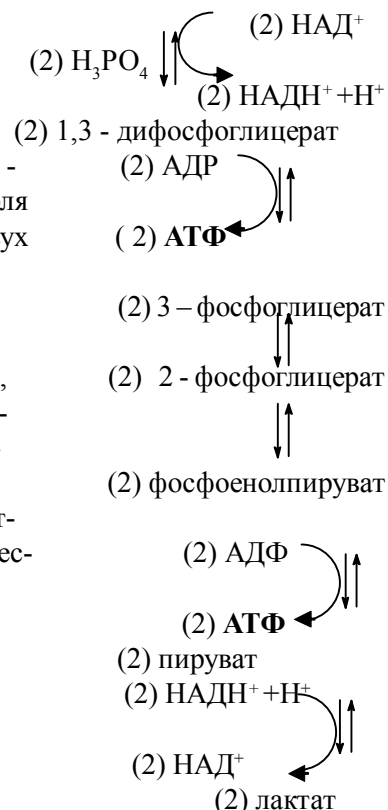


### Анаэробный гликолиз и гликогенолиз. Схема 2А.



Диоксиацетон – 1 – фосфат превращается в глицеральдегид – 3 – фосфат и на этом этапе из одной гексозы образуется две молекулы триозы – глицеральдегид – 3 – фосфата. Анаэробный гликолиз 1 моля глюкозы завершается появлением двух молей лактата.

Подсчитайте количество молей АТФ, используемые для реакции фосфорилирования моля глюкозы при гликолизе и гликолизе, а также общее число молей АТФ, которые образуются по данной схеме. Какой биологический и энергетический смысл этих, сопряженно идущих процессов?



Далее начинается **цикл трикарбоновых кислот Кребса** (цитратный цикл) по схеме 2Б, при котором ацетил – остаток уксусной кислоты, образованный из пирувата, окисляется до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Цикл начинается с реакции ацетилкоэнзим А со щавелевоуксусной кислотой (ЩУК):

В цитратном цикле остается щевелево-уксусная кислота (оксалоацетат) и исчезает ацетильный остаток, превращаясь в  $2\text{CO}_2$ .

Сгорание ацетильного остатка в цикле трикарбоновых кислот сопровождается образованием 11 молекул АТФ и одной ГТФ или 12 макроэргических связей. Так как одна молекула глюкозы при распаде дает 2 молекулы ацетила, то их энергетический эффект составляет 24 макроэргических связей. С учетом образования 14 молекул АТФ в ходе превращения глюкозы в анаэробных условиях, то общий гликолиз дает 38 биоэнергетических эквивалентов (таблица 1).

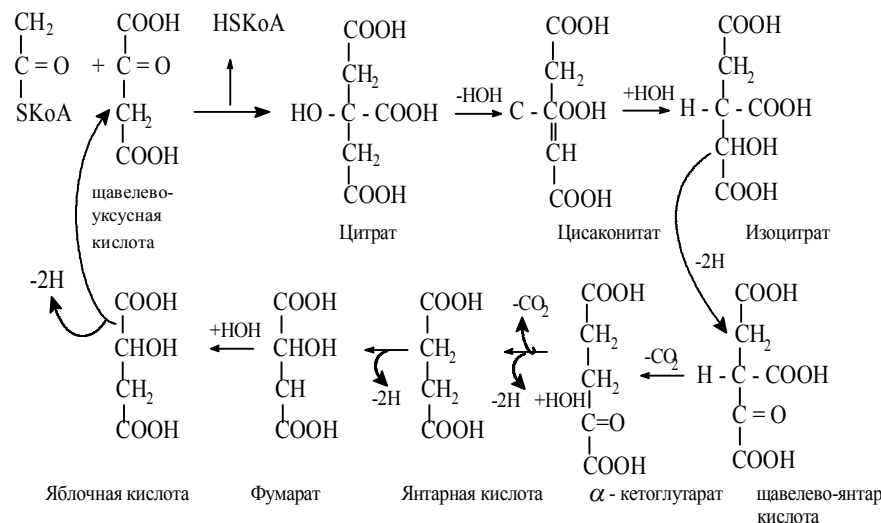


Таблица 1

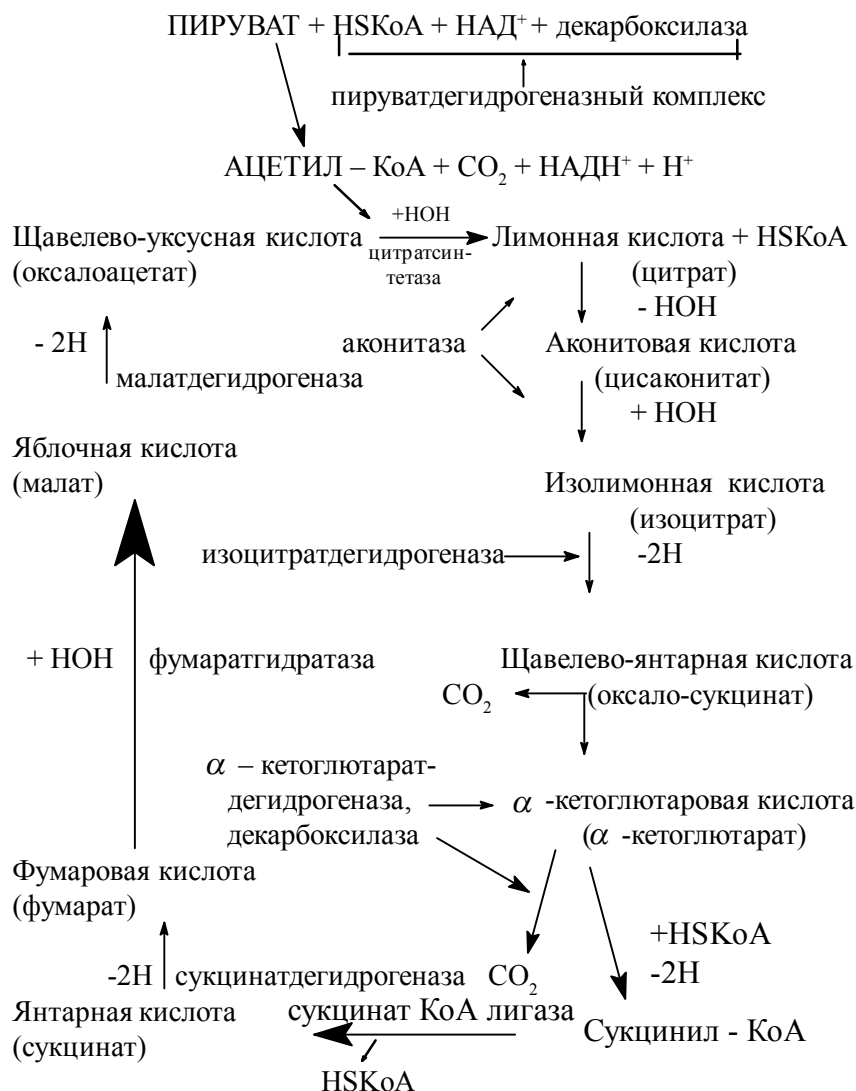
Общий баланс АТФ при полном превращении глюкозы в анаэробной и аэробной фазах окисления

№ п / п	Схемы ферментных реакций	Количество молей АТФ	
		использовано	образуется
1	глюкоза $\rightarrow$ фруктозо – 1,6 – дифосфат	2	-
2	2 – триозофосфат $\rightarrow$ 2,3 – фосфоглицерат	-	2
3	$2 \text{НАД}^+ \rightarrow 2 \text{НАДН} \rightarrow 2 \text{НАД}^+$	-	6
4	2 фосфоенолпируват $\rightarrow$ 2 пируват	-	2
5	$2 \text{пируват} \rightarrow 2 \text{ацетил КоА} + 2 \text{CO}_2$ $2 \text{НАД}^+ \rightarrow 2 \text{НАДН} \rightarrow 2 \text{НАД}^+$	-	6
6	$2 \text{ацетил КоА} \rightarrow \rightarrow \rightarrow 4 \text{CO}_2$ цитратный цикл	-	24
Суммарный итог $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$		-2 + 40 = 38	

Значение АТФ, как универсального аккумулятора энергии, заключается в том, что при его гидролизе до АДФ освобождается энергия, равная 31,0 кДж/моль. Исходя из этого, можно рассчитать долю потенциальной энергии молекулы глюкозы, которая используется в живом организме. При сжигании 1 моля глюкозы в калориметрической бомбе выделяется:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 691 \text{ ккал} \cdot 4,18 \text{ кДж} = 2888,38 \text{ кДж}$ . Энергия распада 38 молей АТФ

до АДФ составляет:  $31 \text{ кДж} \cdot 38 \text{ АТФ} = 1178 \text{ кДж}$ . Отсюда, процент использования потенциальной энергии одной моли глюкозы составляет:  $\frac{1178 \cdot 100}{2888,38} = 40,7\%$ . Остальная часть свободной энергии рассеивается в организме в виде тепла.

### ЦИТРАТНЫЙ ЦИКЛ. Схема 2Б.



### Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки по анаэробному распаду углеводов.

1. Разделите анаэробный распад гликогена и глюкозы на 2 этапа, каждый из которых состоит из ряда последовательно протекающих реакций.
2. Охарактеризуйте первый и второй этапы анаэробного распада углеводов по типу реакции и энергии.
3. В анаэробном распаде на 1 моль глюкозы используется 2 и вновь образуется 4 моля АТФ. На схеме 2А укажите места этих реакций.
4. Укажите гексозы и триозы, дальнейшие превращения которых связаны с их активированием АТФ.
5. Возможно ли в цепи анаэробного распада глюкозы реакции без участия фермента?
6. Чем объяснить увеличение концентрации лактата до 15-20 ммоль/л после тяжелой мышечной работы и снижение его до 1-2 ммоль/л в период покоя?
7. При длительной мышечной работе увеличивается в крови содержание лактата, возрастает образование эндогенной воды. Дайте объяснение этим биохимическим изменениям.
8. Объясните причину:
  - а) возникновения глюкозурии – повышенное выделение глюкозы с мочой;
  - б) нарушения функции центральной нервной системы (головокружение, потеря сознания, судороги) при гипогликемии.
9. Какими реакциями характерно спиртовое брожение глюкозы и в чем отличие ее от анаэробного гликолиза? Какие ферменты (и какого класса) катализируют эти реакции?
10. Напишите и объясните реакции метаболизма этанола. Какие ферменты принимают в нем участие?

### по циклу трикарбоновых кислот

1. Назовите исходный субстрат цитратного цикла. Объясните его происхождение, напишите химическую формулу.
2. Напишите реакции образования всех трикарбоновых кислот и их формулы. Укажите ферменты, катализирующие эти превращения.
3. Распишите формулы дикарбоновых кислот по порядку их образования. Назовите ферменты, участвующие в них.

4. Объясните смысл процесса выделения двух молекул диоксида углерода в цикле.

5. Подсчитайте количество образовавшихся окислительных эквивалентов электронов и протонов (водородных атомов) в цикле. В виде каких форм они передаются в дыхательной цепи?

6. Какое количество энергии (в виде АТФ) выделяется при окислении одного моля активированной уксусной кислоты и одного моля глюкозы в цикле?

7. Назовите вещества цитратного цикла, которые являются общими промежуточными субстратами обмена углеводов, белков и жиров.

8. Почему в отличие от анаэробного распада углеводов цитратный цикл называется главным путем катаболизма, где в клетке протекают эти процессы?

9. Гликолиз во многих типах клеток протекает в анаэробных и аэробных условиях. Где в клетках происходят анаэробный и аэробный распады углеводов, каков у них выход АТФ?

10. Значение анаэробного и аэробного распада углеводов для разных органов тканей различно. В эритроцитах отсутствуют митохондрии. Гемоглобин составляет около 95% его сухой массы. Где в эритроцитах и при каких условиях протекает гликолиз?

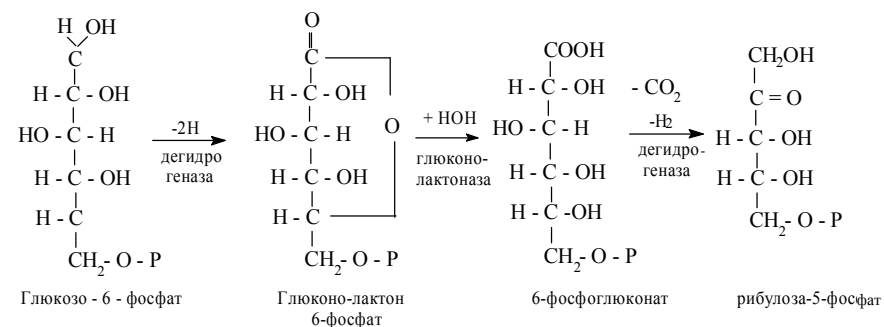
11. Распишите процесс окислительного декарбоксилирования пирувата до ацетил – КоА. Объясните действие мультиферментного комплекса.

12. В аэробных условиях гликолиза снижается и прекращается накопление лактата (эффект Пастера). Объясните проявление «эффекта» с точки зрения образования АТФ и потребности клеток в энергии.

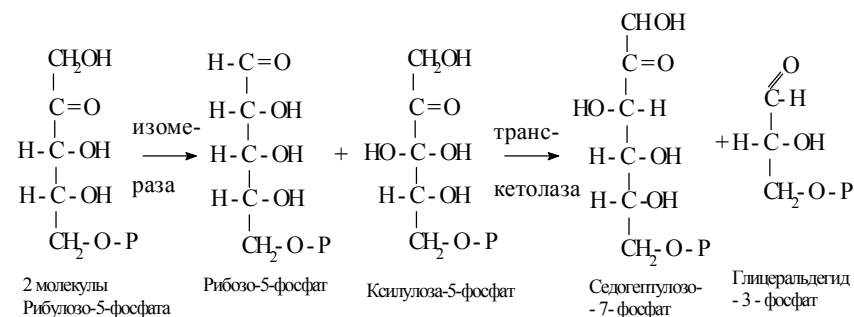
### Пентозофосфатный (фосфоглюконатный) шунт.

У животных синтез моносахаридов и последующие их превращения могут осуществляться из трехуглеродных соединений (триоз) – участников гликолиза и четырехуглеродных фрагментов (тетроз) – участников цитратного цикла, а также синтезироваться из пирувата. Биосинтез моносахаридов из пирувата называют глюко-неогенезом. Когда в организме возникает необходимость синтеза пентоз (рибозы-5-фосфат и др.) из глюкозы-6-фосфата, то включается другой путь – пентозофосфатный (фосфоглюконатный) шунт,

который протекает по особым реакциям в цитоплазме клеток. Вначале протекают три окислительные реакции с декарбоксилированием. Образуются рибулозо-5-фосфат, НАДФН<sup>+</sup>Н<sup>+</sup> и СО<sub>2</sub>. НАДФН<sup>+</sup>Н<sup>+</sup> необходим как донор водорода и электронов в восстановительных реакциях синтеза.

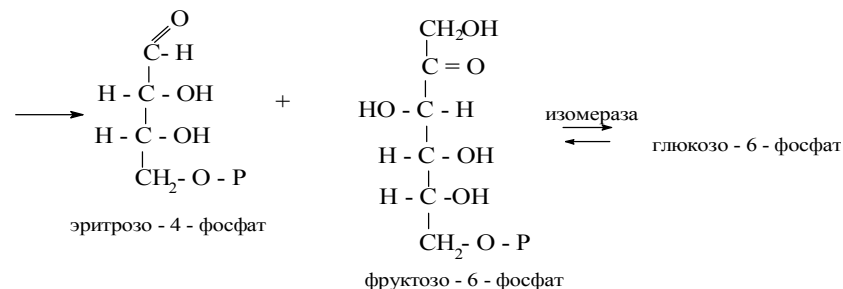


Затем идут реакции неокислительных превращений:



Рибозо-5-фосфат входит в структуру АТФ, кофермента А, НАД<sup>+</sup>, ФАД<sup>+</sup>, РНК, ДНК.

Седогептулозо-7-фосфат + глицеральдегид-3-фосфат  $\xrightarrow{\text{трансеальдолаза}}$





Эритрозо – 4 – фосфат + ксилулозо – 5 – фосфат *транскетолаза*

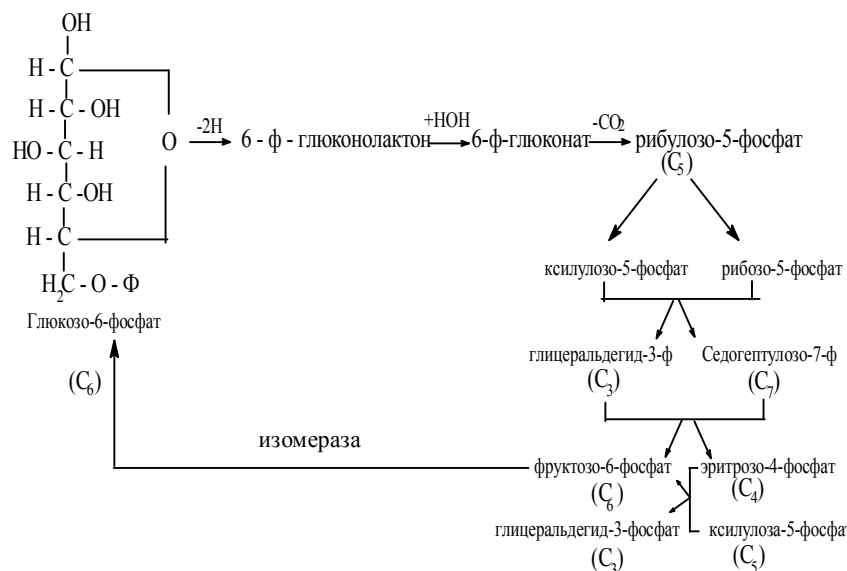
глицеральдегид – 3 – фосфат + фруктозо – 6 – фосфат

Все эти реакции не сопровождаются выделением энергии в виде макроэргических соединений.

Последовательное превращение глюкозо–6– фосфата в пентозофосфатном шунте (цикле) показано в схеме 3.

### Пентозофосфатный (фосфоглюконатный) шунт.

Схема 3



В поперечно-полосатой мышце млекопитающих катаболизм (расщепление) глюкозы идет целиком через гликолиз и цикл лимонной кислоты. В печени более 1/3 CO<sub>2</sub> образуется из глюкозы при фосфоглюконатном цикле. В молочной железе, семенниках, жировой ткани, эритроцитах катаболизм большей части глюкозы происходит через пентозофосфатный путь, так как кроме образования пентоз (рибоза, дезоксирибоза) для синтеза нуклеотидов, этот цикл не нуждается в дополнительной затрате АТФ, не зависит от наличия дикарбоновых (янтарная, фумаровая) кислот цитратного цикла и, главное, образуется НАДФН+Н<sup>+</sup> (никотинамидадениндинуклеотид-фосфат восстановленный).

### Литература:

1. С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопатов. Биохимия животных. СПб:»Лань», 2004.-С. 83-91, 128-182
2. А.И. Кононский. Биохимия животных. М., 1992.- С. 24-70.
3. Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина. Биологическая химия. М.: «Высшая школа», 2000.- С.339-362.
4. А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. Основы биохимии. – М.: «Мир», 1981.- Т.2., гл. 14,15,16.

### Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки по углеводному обмену.

1. Назовите основные углеводы корма и организма животных.
2. Основные этапы переваривания углеводов корма у моногастричных животных.
3. Особенности переваривания углеводов корма у жвачных животных.
4. Виды брожения углеводов в преджелудках у жвачных животных.
5. Какова схема уксуснокислого брожения углеводов в рубце?
6. Всасывание продуктов переваривания и брожения углеводов.
7. Какие условия необходимы для деятельности амилазы слюны и поджелудочной железы?
8. Содержание глюкозы в крови, гликогена в печени и мышцах.
9. Что выгодно для клетки: гликолиз или гликогенолиз?
10. Различия реакции фосфорилирования гликогена и глюкозы.
11. Какие реакции фосфорилирования протекают с использованием АТФ и неорганического фосфора.
12. Условия для реакции: пируват - лактат
13. Какие гексозофосфатные эфиры образуются при гликолизе и гликогенолизе?
14. Энергетический эффект анаэробной фазы гликолиза и гликогенолиза.
15. Какова формула ацетил - КоА и сколько энергии выделяется при ее распаде?
16. Перечислить макроэргические соединения, образующиеся при окислении глюкозы.
17. Гормоны-регуляторы углеводного обмена.
18. Что такое сахарный диабет?

19. Ферменты и коферменты гликолиза и гликогенолиза.
20. Сходство и отличие спиртового брожения и гликолиза.
21. Аэробное окисление углеводов.
22. Роль пируватдегидрогеназного комплекса в аэробном окислении.
23. Реакции превращения лактата и пирувата при мышечной работе и отдыхе.
24. Начало и окончание цикла Кребса.
25. Три- и дикарбоновые кислоты в цикле Кребса.
26. На каких стадиях цикла Кребса происходят реакции декарбоксилирования?
27. Энергетика аэробного окисления углеводов.
28. Какие промежуточные продукты окисления углеводов имеют важное связующее значение с другими обменами?
29. Особенность и необходимость пентозофосфатного превращения глюкозы.
30. Глюкоза является исходным субстратом пентозофосфатного цикла распада углеводов. В каких органах и тканях окисление глюкозы протекает в этом цикле?
31. Какая реакция данного цикла является окислительной и сопровождается выделением диоксида углерода?
32. Образование каких пентоз связано с последующим синтезом нуклеотидов и коферментов;
33. В заключительной части пентозофосфатного цикла появляются другие моносахариды. Назовите их.
34. Какая реакция, катализируемая особым ферментом, считается центральной в пентозофосфатном шунте?

## Тесты для самоконтроля знаний

### Вариант 1

Вопросы	Ответы
1. Альдегидспиртами являются:	1. Д – эритроза 2. Д – глюкоза 3. Д – ксилоза 4. Д – рибоза 5. Д – фруктоза 6. Д – рибулоза
2. Укажите ферменты цитратного цикла:	1. Аконитат- гидратаза 2. Сахараза 3. Фосфоглюкокиназа 4. Альдолаза 5. Сукцинатдегидрогеназа
3. При превращении фруктозо – 6 – фосфата во фруктозо – 1,6 – дифосфат участвует:	1. НАДФ <sup>+</sup> 2. ФАД 3. АТФ 4. КоА-SH 5. ТПФ
4. Продуктом окислительного декарбоксилирования пирувата в аэробных условиях является:	1. Цитрат 2. Фумарат 3. Малат 4. А-кетоглутарат 5. Ацетил-КоА 6. Диоксид углерода и вода
5. Избыточное содержание ряда кето- и оксикислот в организме и выделение их с мочой вызвано:	1. Гипергликемией 2. Кетозом 3. Сахарным диабетом 4. Гипогликемией 5. Глюкозурией

### Вариант 2

Вопросы	Ответы
1. Кетоспиртами являются:	1. Д – глюкоза 2. Д – рибоза 3. Д – фруктоза 4. Д – галактоза 5. Д – рибулоза
2. В гликолизе участвуют ферменты:	1. Сахараза 2. Альдолаза 3. Пируват-киназа 4. Сукцинат-дегидрогеназа 5. Малатдегидрогеназа
3. Апотомический (пентозофосфатный) путь распада углеводов включает реакции дегидрирования, в которых принимает участие кофермент:	1. ФАД 2. НАДФ <sup>+</sup> 3. АТФ 4. ТПФ 5. КоА – SH
4. В цитратном цикле происходят реакции дегидрирования на этапах превращения:	1. Цитрата в цисаконитат 2. Цисаконитата в изоцитрат 3. Изоцитрата в α – кетоглутарат 4. Сукцината в фумарат
5. Чрезмерное выделение сахара с мочой называют:	1. Глюкозурией 2. Ацетонурией 3. Полиурией 4. Ацидозом

### Вариант 3

Вопросы	Ответы
1. При фосфорилировании гликогена образуется:	1. Д – глюкоза 2. Глюкозо – 1 – фосфат 3. Глюкозо – 6 – фосфат 4. Д – галактоза 5. Д - фруктоза
2. Активирование глюкозы происходит с участием фермента:	1. Фосфоглюкомутаза 2. Фосфоглюкокиназа 3. Глюкозофосфатизомераза 4. Фосфофруктокиназа
3. Укажите коферменты пируват дегидрогеназного комплекса, участвующие в окислительном декарбоксилировании пирувата:	1. ФАД, КоА – SH, ТПФ 2. КоА – SH, НАД <sup>+</sup> , декарбоксилаза 3. ТПФ, ЛК, НАД <sup>+</sup>
4. В цитратном цикле ГТФ синтезируется на этапе превращения:	1. Цитрата в цисаконитат 2. α – кетоглутарата в сукцинат 3. Сукцината в фумарат 4. Малата в оксалоацетат
5. Распад гликогена путем активации фосфорилазы стимулирует гормон:	1. Кальцитонин 2. Глюкагон 3. Вазопрессин 4. Кортикотропин 5. Альдостерон

### Вариант 4

Вопросы	Ответы
1. Какие моносахариды образуются при гидролизе лактозы?	1. Д – глюкоза и Д – манноза 2. Д – глюкоза и Д – фруктоза 3. Д – глюкоза и Д – галактоза 4. Два остатка Д – глюкозы
2. Укажите фермент, расщепляющий фруктозо – 1,6 – дифосфат на два остатка фосфотриозы:	1. Фосфоглюкомутаза 2. Амилаза 3. Фосфоглюкокиназа 4. Альдолаза 5. Глюкозофосфатизомераза 6. Сахараза
3. При биосинтезе гликогена в стадии превращения глюкозо – 1 – фосфата принимает участие кофермент:	1. АМФ 2. АДФ 3. АТФ 4. УМФ 5. УДФ 6. УТФ 7. НАД <sup>+</sup> 8. ФАД
4. В цитратном цикле CO <sub>2</sub> образуется на этапах превращения:	1. Цитрата в цисаконитат 2. Изоцитрата в α – кетоглутарат 3. α - кетоглутарата в сукцинат 4. Сукцината в фумарат 5. Фумарата в малат
5. Заболевание, связанное с отсутствием или понижением в крови инсулина, называется:	1. Глюкозурия 2. Ацидоз 3. Гипогликемия 4. Сахарный диабет

### Вариант 5

Вопросы	Ответы
1. По химическому строению молекула лактозы является:	1. Полисахаридом 2. Трисахаридом 3. Моносахаридом 4. Дисахаридом 5. Олигосахаридом
2. Укажите ферменты дихотомического цикла распада фруктозо – 1,6 – дифосфата:	1. Глюкозо – 6 – фосфатдегидрогеназа 2. Глюкозофосфатизомераза 3. Фосфофруктокиназа 4. Альдолаза 5. Фосфоглюконатдегидрогеназа
3. В клетках печени при окислении этанола с образованием ацетальдегида участвует кофермент:	1. ТПФ 2. ФАД 3. НАД <sup>+</sup> 4. КоА – SH 5. НАДФ
4. Основной функцией цикла трикарбоновых кислот при распаде углеводов является:	1. Окисление глюкозы и снабжение тканей пентозами 2. Образование дикарбоновых кислот 3. Полное окисление ацетила до CO <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O с образованием АТФ 4. Использование ацетил – КоА для биосинтеза жирных кислот и стеролов
5. Конечным продуктом уксуснокислого брожения является:	1. Бутират 2. Пируват 3. Лактат 4. Пропионат 5. Ацетат

### Вариант 6

Вопросы	Ответы
1. Фермент фосфоглицеромутаза катализирует превращение:	1. Глицеральдегид – 3 – фосфата в диоксиацетонфосфат 2. Дифосфоглицериновую кислоту в 3 - фосфоглицериновую кислоту 3. 3 – фосфоглицериновую кислоту в 2 – фосфоглицериновую кислоту 4. 2 – фосфоглицериновую кислоту в 2 – фосфоенолпируват
2. Укажите ферменты пентозофосфатного цикла распада глюкозо – 6 – фосфата:	1. Глюкозофосфатизомераза 2. Глюконолактоназа 3. Фосфоглюконат – дегидрогеназа 4. Глюкозо – 6 – фосфатдегидрогеназа 5. Фосфофруктокиназа
3. Какой кофермент, участвующий в окислении углеводов, содержит витамин никотинамид (B <sub>3</sub> )?	1. ТПФ 2. ФАД 3. ПФ 4. НАД <sup>+</sup> 5. НАДФ <sup>+</sup>
4. Основной функцией цитратного цикла является:	1. Окисление ацетата 2. Окисление пирувата 3. Окисление лактата 4. Окисление ацетил – КоА 5. Окисление фумарата
5. Гормон, активирующий гексокиназу для синтеза гликогена из глюкозо – 6 – фосфата, называется:	1. Адреналин 2. Кортикостерон 3. Тироксин 4. Вазопрессин 5. Инсулин 6. Глюкагон

## Индивидуальные задания по углеводному обмену

### Вариант 1

1. Напишите формулу глицеринового альдегида (триоза).
2. Перечислите и опишите ферменты, участвующие в переваривании углеводов в 12-перстной кишке животных.
3. Что такое гликолиз? Напишите уравнение реакции превращения глюкозы в глюкозо – 6 – фосфат и далее во фруктозо – 1,6 – дифосфат.
4. Напишите уравнение реакции превращения пировиноградной кислоты в молочную кислоту с участием кофермента.
5. Перечислите последовательное образование трикарбоновых кислот в цикле Кребса.

### Вариант 2

1. Напишите формулы пентоз: Д – рибозы и Д – дезоксирибозы.
2. Какой фермент участвует в распаде мальтозы? Напишите уравнение распада мальтозы.
3. Напишите реакцию: ацетил-КоА + щавелево-уксусная кислота + вода.
4. Сколько молекул АТФ синтезируется при аэробном окислении активированной уксусной кислоты?
5. В каком цикле окисления углеводов образуется  $\alpha$  – кетоглутаровая кислота? Напишите формулу.

### Вариант 3

1. Напишите формулы глюкозы: альдегидную, циклическую и ее активную форму.
2. Опишите ферменты, участвующие в переваривании крахмала у моногастричных животных.
3. Напишите уравнение ферментативного превращения молочной кислоты в пировиноградную, а затем в ацетил-КоА.
4. Укажите реакции синтеза АТФ при анаэробном распаде глюкозы.
5. Напишите формулу лимонной кислоты. Как она образуется в сложной цепи обмена углеводов?

### Вариант 4

1. Напишите реакции ферментативного дегидрирования янтарной и яблочной кислот.
2. Перечислите ферменты, участвующие в переваривании диса-

харидов в желудочно-кишечном тракте животных.

3. Что такое гликогенолиз? Напишите уравнение реакции образования глюкозо – 6 – фосфата при ферментативном фосфорилировании гликогена.

4. Напишите уравнение реакции взаимопревращения пировиноградной и молочной кислот с участием ферментов.

5. Перечислите последовательно образующиеся дикарбоновые кислоты в цикле Кребса.

### Вариант 5

1. Напишите схему образования пентоз в пентозофосфатном цикле.
2. Какие ферменты участвуют в распаде клетчатки (целлюлозы) в рубце жвачных животных и какие продукты образуются?
3. Напишите уравнение ферментативной реакции превращения кетоглутаровой кислоты в янтарную кислоту.
4. Сколько молекул АТФ синтезируется при анаэробном окислении глюкозы и гликогена? Какой из них выгоден для организма животных?
5. Напишите формулу АТФ и ее ферментативный гидролиз. Сколько энергии при этом выделяется?

### Вариант 6

1. Напишите формулу 1,6 – дифосфоглюкозы и реакцию ее ферментативного расщепления.
2. Перечислите коферменты, участвующие в окислении углеводов. Какова судьба водородных атомов окисленных субстратов при гликолизе?
3. Напишите уравнение превращения щавелево-янтарной кислоты в  $\alpha$  – кетоглутаровую кислоту.
4. Укажите, какую роль играет кислород при аэробном окислении глюкозы.
5. Напишите формулу щавелево-уксусной кислоты. Где она принимает участие в обмене углеводов?

#### Раздел IV. Обмен липидов (Краткие сведения)

Жиры – сложные эфиры глицерина и жирных кислот. В состав триацилглицеринов животных жиров преимущественно входят 2 высшие насыщенные (стеариновая –  $C_{18}$  и пальмитиновая –  $C_{16}$ ) и 3 ненасыщенные (олеиновая –  $C_{18}$  с одной = связью, линолевая –  $C_{18}$  с двумя = связями, линоленовая –  $C_{18}$  с тремя = связями) жирные кислоты. Наиболее богатым по жирнокислотному составу (до 20) является молочный жир. Все природные жиры содержат жирные кислоты с четным числом углеродных атомов.

**Переваривание** липидов корма у моногастричных животных происходит в основном в 12-перстной и тощей кишке, а у полигастричных гидролиз липидов корма начинается в рубце под действием бактериальных ферментов (липаз), а также происходит гидрогенизация (восстановление) ненасыщенных жирных кислот с образованием стеариновой кислоты. Микроорганизмы, используя продукты расщепления кормового жира, синтезируют свой жир. Поэтому у жвачных животных в тонком отделе кишечника ферментативному гидролизу подвергается остаток кормового жира и бактериальный жир. Фермент липаза поджелудочного сока катализирует гидролизное расщепление эмульгированного жира до глицерина и жирных кислот. Образование эмульсии происходит под влиянием желчи, в которой имеются активные эмульгаторы – гликохолевая и таурохолевая кислоты.

Липиды являются наиболее концентрированными источниками энергии для организма, давая более чем в 2 раза больше калорий на 1 грамм, чем углеводы и белки. Кроме этого липиды необходимы для усвоения жирорастворимых витаминов А, Д, Е, К, а также содержат некоторые незаменимые ненасыщенные жирные кислоты.

Исследование показали, что около 40% кормовых (пищевых) триацилглицеринов гидролизуются полностью до глицерина и жирных кислот, а остальные расщепляются частично до моно- и диацилглицеринов, а небольшая часть (от 3 до 10%) остается негидролизованной. Глицерин и жирные кислоты с короткой цепью **всасываются** из кишечника через порталное кровообращение. Жирные кислоты с длинной цепью, моноацилглицерины, триацилглицерины всасываются через лимфатическую систему. Поэтому после приема жирной пищи, лимфа, прозрачная при голодании, становится

молочно-белой за счет образования эмульсии из указанных соединений. Затем они транспортируются, главным образом, в печень и жировую ткань, а также в сердце, легкие и другие органы. На поверхности клеточных мембран происходит их гидролиз ферментом липазой. Образовавшиеся глицерин и жирные кислоты используются для синтеза собственных липидов или вовлекаются в метаболизм.

Примерно 10% массы тела животных составляют липиды, состоящие в основном из триацилглицеринов. Они содержатся во всех органах и тканях, но большое количество жира находится в жировых депо (подкожный жир, сальник, окологпочечный жир и др.), выполняя дополнительные функции, как сбережение и снижение потерь внутреннего тепла, защита ряда органов и тканей от механических ударов, травм и сотрясений.

В отличие от взрослого организма, развивающийся плод не нуждается в резервных липидах и они не откладываются в виде жировых депо, ибо плод находится в терморегулируемой матке, защищен амниотической жидкостью и непрерывно обеспечивается питанием через материнскую кровь.

Продолжительное кормление животных рационом, содержащим один вид жира сказывается на свойствах собственных липидов (например, при скормливание бараньего жира собакам, рыбы свиньям и т.д.), что позволяет при убое и анализе судить о природе происхождения кормового жира.

Резервные жиры постоянно обновляются, поэтому между мобилизацией их (использование) и депонированием (накопление) липидов в организме устанавливается относительное равновесие (схема 4 – I этап).

При гидролизе жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты.

С превращения жирных кислот и глицерина начинается **промежуточный (собственный) обмен** по схемам (4,5,6).

**Глицерин** вовлекается в углеводный метаболизм путем фосфорилирования и образования ацетил - КоА:

1. Глицерин  $\xrightarrow{+ATP}$  глицерол - 3 - фосфат + АДФ;

2. Глицерол - 3 - фосфат  $\xrightarrow[\text{дегидрогеназа}]{\text{Глицерокиназа}}$  глицеральдегид - 3 - фосфат.

Далее глицеральдегид - 3 - фосфат в анаэробной фазе превращается в промежуточный продукт - пируват (пировиноградная кислота), который в результате окислительного декарбоксилирования, с участием коэнзима - А, переходит в активный ацетилкоэнзим - А по реакции:



В связи с тем, что все жирные кислоты, входящие в состав природных жиров, имеют четное число углеродных атомов, то *при их  $\beta$ -окислении углеродная цепь укорачивается на два углеродных атома*. Так, стеариновая ( $C_{18}$ ) кислота при полном  $\beta$ -окислении превращается в 9 молекул ацетил - КоА, а капроновая ( $C_6$ ) соответственно в 3 молекулы и т.д.

**Ацетил - КоА**, образованный при деградации жирных кислот, *вовлекается в цитратный цикл* (схема 4 – II этап и 6), участвует в синтезе жирных кислот, стерина и т.д. Основной выход полезной энергии 1 моля капроновой кислоты (126 г) происходит от окисления 3 молей ацетила в цитратном цикле и составляет  $3 \times 12 \text{ АТФ} = 36 \text{ АТФ}$ . Если сравнить эту цифру с выходом энергии окисления 1 моля глюкозы (180 г) или только 2 молей ацетила в цитратном цикле, при котором образуется 24 АТФ, то выход макроэргических эквивалентов от жирной кислоты значительно больше.

#### Связь между $\beta$ -окислением жирных кислот и цитратным циклом углеводного обмена. Схема 6.

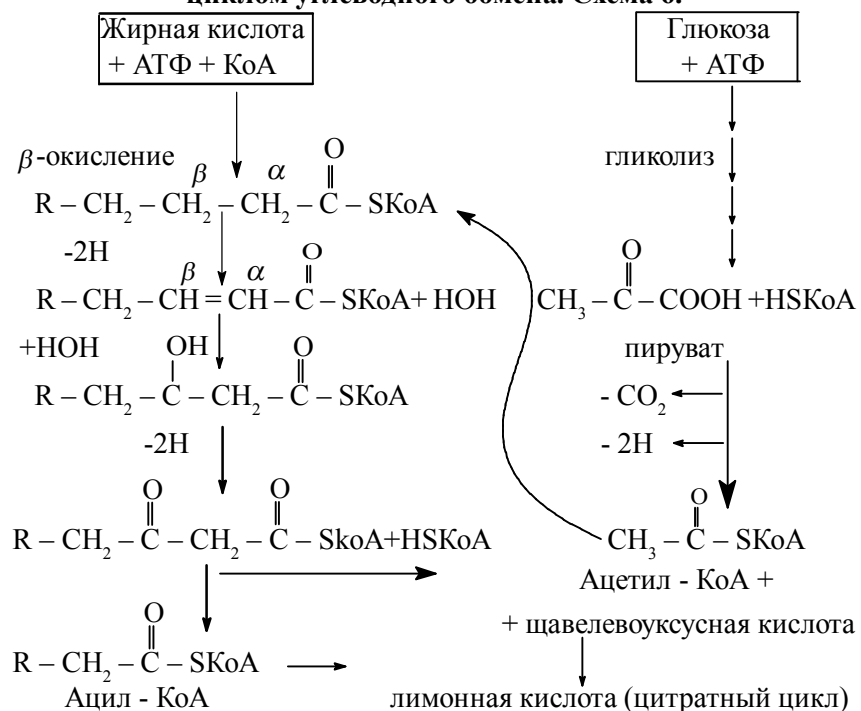
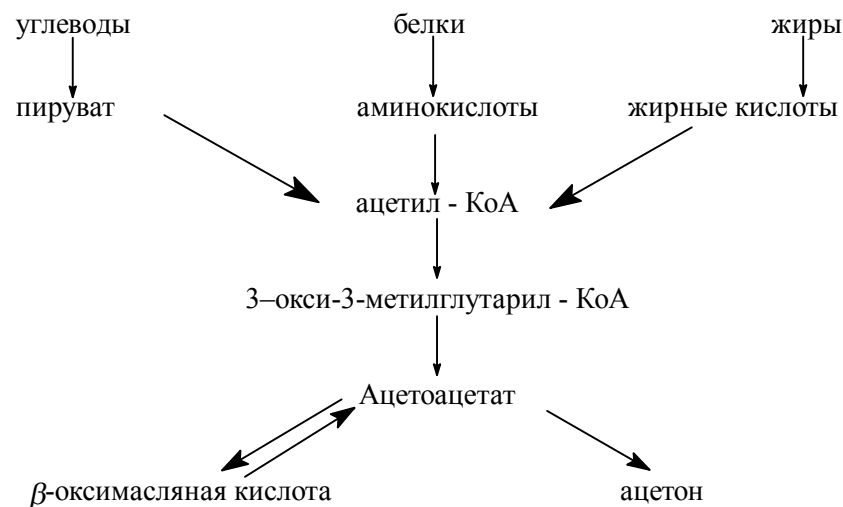


Схема 6 показывает, что взаимосвязь между углеводным и липидным обменами в организме осуществляется через центральное соединение ацетил-КоА, которое образуется при  $\beta$ -окислении жирных кислот и аэробном превращении углеводов. Независимо от пути образования, ацетил КоА вовлекается в цитратный цикл, где окисляется до  $\text{CO}_2$  с выходом энергии.

#### Кетоновые тела. Кетозы.

Промежуточные продукты окисления жирных кислот: ацетоуксусная кислота, в-оксимасляная кислота и ацетон получили название кетоновых тел. В норме концентрация этих веществ в крови незначительна ( $3 \text{ мг/100 см}^3$ ). При нарушении утилизации кетоновых тел, особенно ацетоуксусной кислоты, развивается кетонемия (увеличение их концентрации в крови) и возникает кетонурия (появление кетоновых тел в моче). При выраженной кетонемии или кетонурии обнаруживается запах ацетона в выдыхаемом воздухе и он даже выделяется с потом. Эти три симптома – кетонемия, кетонурия и запах ацетона являются основными признаками заболевания животных, называемое кетозом, который отмечается у лактирующих высокопродуктивных коров, а иногда у овцематок при концентратном типе кормления.

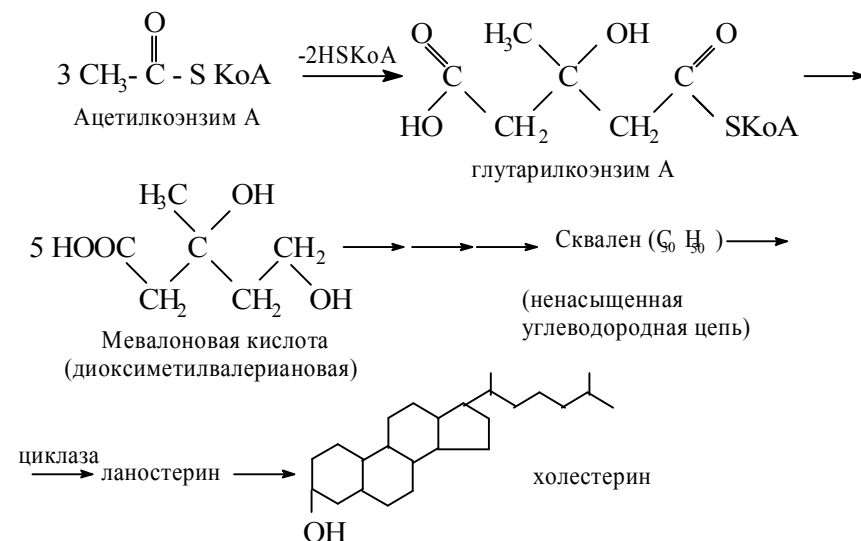
#### Образование кетоновых тел. (Схема 7).



## Обмен холестерина

Важное значение в организме человека и животных имеют жироподобные фосфолипиды (лецитин), стерины и, особенно, холестерин. Из холестерина образуются гормоны коры надпочечников (кортикостероиды), половые гормоны (андрогены, эстрогены), желчные кислоты (тауро- и гликохолевая), а также дегидрохолестерин – провитамин D<sub>3</sub>.

Из стерinov животного происхождения легко усваивается холестерин, а из растительных – эргостерин. Холестерин синтезируется в организме из ряда предшественников: уксусной, ацетоуксусной, изовалериановой и других кислот. Первоначально из молекул ацетил – КоА образуется оксиметилглутарил – КоА.



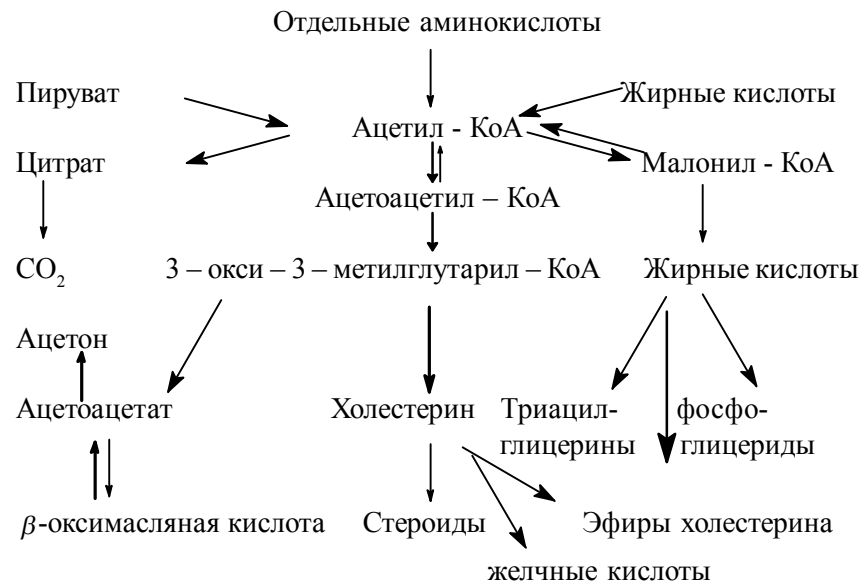
Примерно 80% холестерина превращается в печени в желчные кислоты.

Глико- и таурохолевые кислоты и их соли являются хорошими эмульгаторами жира и поэтому играют важную роль в переваривании жиров корма.

Небольшая часть холестерина используется для синтеза ряда стероидных гормонов половых желез и коры надпочечников, а холестерин, попадающий в кишечник, через его слизистую оболочку или с желчью, подвергается микробному восстановлению до копроста-

нола и холестанола. Последние составляют основную массу стерин-ов кала.

Взаимосвязь метаболизма углеводов, жирных кислот, кетоновых тел и холестерина показана на **схеме 8**.



В схеме 8 показаны отношения промежуточных продуктов углеводного обмена (пируват, цитрат), превращение отдельных аминокислот и расщепление жирных кислот осуществляемые через ацетил – КоА. Из ацетил – КоА образуется ацетоацетил – КоА, а затем 3 - окси – 3 - метилглутарил – КоА. Последний необходим для синтеза холестерина и его производных (стероиды, желчные кислоты, эфиры холестерина), а также кетоновых тел (ацетоацетат, ацетон, β-оксимасляная кислота). Далее ацетил – КоА через малонил – КоА используется для синтеза жирных кислот, триацилглицеринов (жира) фосфоглицеринов.

### Литература:

1. А.И. Кононский. Биохимия животных. М.: «Колос», 1992.- С.71-110.
2. С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопатов. Биохимия животных. СПб: «Лань», 2004.- С.163-194.



### Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки

1. Липиды и липоиды организма животных.
2. Основные жирные кислоты, входящие в состав животных жиров.
3. Переваривание липидов и липоидов корма в желудочно-кишечном тракте у моногастричных и полигастричных животных.
4. Роль желчи в переваривании липидов.
5. Продукты переваривания липидов и их всасывание.
6. Судьба глицерина и жирных кислот липидов корма в организме.
7. Количество резервных жиров в организме животных и их роль и значение.
8. Использование и пути окисления глицерина.
9.  $\beta$ -окисление жирных кислот на примере капроновой и пальмитиновой.
10. Энергетика окисления жирных кислот до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .
11. Окисление ненасыщенных жирных кислот.
12. Образование кетоновых тел.
13. Причины развития кетоза у животных, меры профилактики и лечения.
14. Роль и значение фосфатидов в обмене липидов.
15. Синтез холестерина и его использование в организме для образования важнейших соединений.
16. Понятие о простагландинах и их роль.

### Тесты по липидному обмену

#### Вариант 1

1. К липидам и липоидам относятся:
  1. Фосфатиды.
  2. Кефалины.
  3. Нейтральные жиры.
  4. Холестерол.
  5. Пальмитиновая кислота.
2. Степень ненасыщенности жирных кислот характеризует:
  1. Эфирное число.
  2. Число омыления.
  3. Кислотное число.
  4. Йодное число.
3.  $\beta$ -окисление жирных кислот происходит в:
  1. Цитоплазме.
  2. Рибосомах.
  3. Ядре.
  4. Митохондриях.
  5. Микросомах.
4. Кетоновыми (ацетоновыми) телами называют:
  1. Ацетоацетат.
  2. Ацетоацил Ко-А.
  3. Гидроксibuтират.
  4. Ацетон.
  5. Ацетосукцинат.

#### 4. Ацетил - КоА является предшественником:

1. Жирных кислот.
2. Глицерола.
3. Стероидов.
4. Терпенов.
5. Инозита.

#### Вариант 2

1. Химическая природа нейтральных жиров:
  1. Триацилглицеролы.
  2. Диацилглицеролы.
  3. Фосфоглицериды.
  4. Смешанные триацилглицеролы.
  5. Сфинголипиды.
2. Распад высших жирных кислот (преимущественно) идет по пути
  1. Декарбоксилирования.
  2. Восстановления.
  3.  $\alpha$ -окисления.
  4.  $\beta$ -окисления.
  5.  $\omega$ -окисления.
3. В цикле  $\beta$ -окисления жирных кислот принимают участие коферменты:
  1. КоА-SH.
  2. ФАД.
  3. Кобаламин.
  4. Тиаминпирофосфат.
  5. НАД<sup>+</sup>.
4. Источником НАДФН +  $\text{H}^+$  для синтеза жирных кислот является:
  1. Окисление глюкозо - 6 - фосфата пентозофосфатным путем.
  2. Окисление малата до пирувата и  $\text{CO}_2$ .
  3. Окисление лактата до пирувата.
5. Какое азотистое основание принимает участие в переносе остатка жирной кислоты через мембрану митохондрий?
  1. Карнозин.
  2. Карнитин.
  3. Креатинин.
  4. Ансерин.
  5. Креатинфосфат.

#### Вариант 3

1. Фосфолипидами являются:
  1. Лецитин;
  2. Кефалин;
  3. Спермацет;
  4. Ланолин;
  5. Фосфодиэтилсерин.
2. Много линолевой и линоленовой кислот входят в состав:
  1. Подсолнечного масла;
  2. Сливочного масла;
  3. Свиного сала;
  4. Льняного масла;
  5. Говяжьего жира.
3. Укажите конечный продукт  $\beta$ -окисления жирных кислот с нечетным числом атомов углерода
  1. Ацетил - КоА;
  2. Пропионил - КоА;
  3. Сукцинил - КоА;
  4. Метилмалонил - КоА.
4. Укажите воск, который предохраняет от воды кожу животных:

1. Спермацет; 2. Ланолин; 3. Пчелиный воск; 4. Монтанный воск.

#### Вариант 4

1. Химическую структуру воска составляют:

1. Стероиды; 2. Фосфоглицериды; 3. Гликолипиды; 4. Глицерофосфохолин; 5. Эфиры высших жирных кислот со спиртами с длинной цепью.

2. Липиды выполняют функции:

1. Структурных компонентов мембран; 2. Запасного метаболического топлива; 3. Генетической информации; 4. Терморегуляции.

3. Укажите продукт начальной и конечной реакции  $\beta$ -окисления жирных кислот

1. Глицерофосфат; 2. Ацетил - КоА; 3. Ацил - КоА; 4. Ацетоацетат.

4. Укажите мультифермент, способный осуществлять весь цикл реакций биосинтеза высших жирных кислот

1. Ацилтрансфераза; 2. Ацетил - КоА - карбоксилаза; 3. Гидратаза высших жирных кислот; 4. Трансацилаза; 5. Синтаза высших жирных кислот.

5. Конечным продуктом распада высших жирных кислот является:

1. Ацил - КоА; 2.  $\alpha$ -глицеролфосфат; 3. Метилмалонил - КоА; 4. Ацетил - КоА

#### Вариант 5

1. Липиды – природные органические соединения:

1. Хорошо растворимы в воде; 2. Нерастворимы в бензоле; 3. Нерастворимы в серном эфире; 4. Растворимы в жирорастворителях; 5. Растворимы в кислотах.

2. Йодное число:

1. Свидетельствует о содержании свободных и связанных (в форме триглицеридов и др.) жирных кислот;

2. Позволяет оценить содержание свободных жирных кислот в жире;

3. Характеризует степень ненасыщенности жирных кислот в жире;

4. Выявляет содержание в жире связанных сложноэфирной свя-

зью остатков жирных кислот.

4. Фосфолипидом является:

1. Ланолин; 2. Кефалин; 3. Пальмитохолестерид; 4. Спермацет; 5. Цереброзид; 6. Лецитин.

5. Найдите формулы лауриновой и стеариновой кислот:

1.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$ ;

2.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$ ;

3.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$ ;

4.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$ ;

5.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ ;

6.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$

#### Вариант 6

1. К какой группе относятся сложные эфиры высших жирных кислот с глицерином и полициклическими спиртами

1. Сложных эфиров; 2. Липоидов; 3. Простых липидов; 4. Фосфатидов; 5. Гликолипидов.

2. Линолевая и линоленовая кислоты составляют главную часть высших жирных кислот в маслах:

1. Кокосового масла; 2. Свиного сала; 3. Рапсового масла; 4. Бараньего жира; 5. Сливочного масла.

3. Кислотное число, эфирное число:

1. Позволяет оценить содержание свободных жирных кислот в жире; 2. Свидетельствует о содержании в жире суммы свободных и связанных (в форме триглицеридов и др.) жирных кислот; 3. Характеризует степень ненасыщенности кислот; 4. Показывает содержание в жире остатков жирных кислот, связанных сложноэфирной связью

4. Найдите формулы пальмитиновой и олеиновой кислот:

1.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$ ;

2.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{20} - \text{COOH}$ ;

3.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ ;

4.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ ;

5.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$ ;

6.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{COOH}$

## Вариант 7

1. Какой воск предохраняет волосы и кожу животных от действия воды?

1. Спермацет; 2. Пчелиный; 3. Карнаубский; 4. Ланолин; 5. Монтанный.

2. Какое азотистое соединение входит в состав лецитина и каким свойством обладает?

1. Коламин; 2. Холин; 3. Серин; 4. Треонин; 5. Таурин

3. Кислотное число;

4. Число омыления;

1. Позволяет оценить содержание свободных жирных кислот в жире; 2. Свидетельствует о содержании в жире суммы свободных и связанных (в форме триглицеридов и др.) жирных кислот; 3. Характеризует степень ненасыщенности кислот; 4. Выявляет содержание в жире связанных сложноэфирной связью остатков жирных кислот.

5. Найдите формулы линолевой, олеиновой и миристиновой кислот.

1.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ ;

2.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$ ;

3.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ ;

4.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ ;

5.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{COOH}$ ;

6.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$

## Раздел V. Обмен белков и аминокислот.

### (Краткие сведения)

Белки – протеины являются основой жизни (protos – первый, основной).

Молекулярная масса белков колеблется от 5000 до нескольких миллионов: рибонуклеаза – 13000, миоглобин – 17000, пепсин – 35500, яичный альбумин – 40000, альбумин крови – 66500,  $\gamma$ -глобулин – 160000, каталаза – 250000, фибриноген – 330000, тиреоглобулин – 660000, гемоцианин осьминога – 2800000.

Белки, как высокомолекулярные природные полимеры, построены из остатков аминокислот, соединенных пептидной связью –  $\text{CO} - \text{NH}$ .

Каждый белок характеризуется специфической аминокислотной

последовательностью и индивидуальной пространственной структурой (конформацией). На долю белков приходится не менее 50% сухой массы органических соединений животной клетки. Функционирование белка лежит в основе важнейших процессов жизнедеятельности организма. Обмен веществ (пищеварение, усвоение и превращение белков, углеводов, липидов, выделение конечных продуктов), мышечное сокращение, нервная проводимость и жизнь клетки в целом неразрывно связаны с активностью ферментов – высокоспецифичных катализаторов биохимических реакций, являющихся белками. Основу костной и соединительной тканей, шерсти, роговых образований составляют структурные белки. Они же формируют остов клеточных органелл (митохондрий, мембран и др.). Расхождение хромосом при делении клетки, движение жгутиков, работа мышц животных и человека осуществляются по сложному механизму при посредстве белков сократительной системы (актин, миозин). Важную группу составляют регуляторные белки, контролирующие биосинтез белка и нуклеиновых кислот. К регуляторным белкам относятся также пептидно-белковые гормоны, которые секретируются эндокринными железами. Информация о состоянии внешней среды, различные регуляторные сигналы (в т.ч. гормональные) воспринимаются клеткой с помощью специальных рецепторных белков, располагающихся на наружной поверхности плазматической мембраны. Эти белки играют важную роль в передаче нервного возбуждения и в ориентированном движении клетки (хемотаксисе). В активном транспорте ионов, липидов, сахаров и аминокислот через биологические мембраны участвуют транспортные белки или белки переносчики. К последним относятся также гемоглобин и миоглобин, осуществляющие перенос кислорода. Преобразование и утилизация энергии, поступающей в организм с питанием, а также энергии солнечного излучения происходят при участии белков биоэнергетической системы (родопсин, цитохромы). Большое значение имеют пищевые и запасные белки (казеин, проламины), играющие важную роль в развитии и функционировании организмов. Защитные системы высших организмов формируются защитными белками, к которым относятся иммуноглобулины (ответственны за иммунитет), белки комплемента (ответственны за лизис чужеродных клеток и активацию иммунологической функции), белки системы свертывания крови (тромбин, фибриноген) и противовирусный

белок интерферон.

По составу белки делят на **простые**, состоящие только из аминокислотных остатков (протеины) и **сложные** - протеиды. Сложные могут включать ионы металла (металлопротеиды) или пигмент (хромопротеиды), образовывать прочные комплексы с липидами (липопротеины), нуклеиновыми кислотами (нуклеопротеиды), углеводами (гликопротеины), а также ковалентно связывать остаток фосфорной кислоты (фосфопротеиды).

По ряду характерных свойств протеины – простые белки можно разделить на несколько подгрупп:

**Альбумины.** Они растворимы в воде, свертываются при нагревании, нейтральны, сравнительно трудно осаждаются растворами солей. Примерами их могут служить: альбумин белка куриного яйца, альбумин кровяной сыворотки, альбумин мускульной ткани, молочный альбумин.

**Глобулины.** Они нерастворимы в воде, но растворяются в слабых растворах солей. Более концентрированными растворами солей они осаждаются; осаждение происходит при меньшей концентрации солей по сравнению с той, которая необходима для осаждения альбуминов. Эти белки по химическим свойствам являются очень слабыми кислотами. Примерами глобулинов могут служить: фибриноген, глобулин кровяной сыворотки, глобулин мускульной ткани, глобулин белка куриного яйца.

**Гистоны.** Белки, обладающие основными свойствами. Находятся в составе нуклеопротеидов в лейкоцитах и эритроцитах.

**Протамины** не содержат серы, обладают сравнительно сильными основными свойствами, дают кристаллические соли, содержатся (в виде нуклеопротеидов) в сперматозоидах рыб.

**Проламины.** Это белки зерен различных хлебных злаков (глиадин – пшеницы, гордеин – ячменя, авенин – овса, зеин - кукурузы). В отличие от других они растворимы в 80%-ном спирте. Характерным представителем этих белков является глиадин, составляющий главную часть клейковины.

**Склеропротеины.** Нерастворимые белки, которые составляют основу кожного покрова тела животного, находятся в скелете и в соединительной ткани. К ним относятся *кератин, коллагены, эластин, фиброин*.

*Кератин* является главной составной частью волос, рогов, копыт,

ногтей, перьев и верхнего слоя кожи. Скорлупа куриного яйца состоит из извести и кератина. Если растворить известь скорлупы яйца в кислоте, то останется мягкая пленка, состоящая из кератина: из кератина состоит кожа, которая следует за скорлупой яйца. По химическому составу кератин богат серосодержащими аминокислотами (цистин, цистеин).

**Коллагены** – белки наиболее распространенные в животных организмах. Из коллагенов состоит соединительная ткань; они находятся в хрящах. Кости позвоночных животных формируются из коллагена и неорганических веществ (фосфорнокислого и углекислого кальция). При кипячении с водой или при действии перегретого водяного пара коллагены набухают и переходят в желатин. Если из костей извлечь жир и потом, обработав их кислотой, растворить фосфорнокислый кальций, то останется белок – оссеин. При обработке оссеина перегретым водяным паром он переходит в желатин.

**Эластин** входит в состав сухожилий, связок и других эластичных волокон соединительной ткани.

Протеиды – сложные белки, подразделяются на несколько групп:

**Фосфопротеиды** содержат в своем составе фосфор. Они, в противоположность протаминам, обладающим основными свойствами, имеют определенно выраженный кислотный характер. Главнейшим представителем фосфопротеидов является казеин молока. Он обладает выраженными кислотными свойствами за счет фосфата и кислых аминокислот (аспарагиновая, глутаминовая). Казеин растворяется в слабых растворах щелочей, образуя с ними соли. Соли казеина называются казеинатами. При нагревании свежее молоко не свертывается. При скисании молока образуется молочная кислота и при ее действии на казеинат происходит свертывание молока.

Из других фосфопротеидов следует отметить вителлин, который находится в желтке куриного яйца.

**Нуклеопротеиды** находятся в клеточных ядрах. При осторожном гидролизе они расщепляются на белок и нуклеиновую кислоту. Нуклеиновые кислоты являются весьма сложными соединениями и при гидролизе расщепляются на фосфорную кислоту, углеводы и азотсодержащие вещества группы пиримидина и пурина.

**Хромопротеиды.** Это протеиды, состоящие из белка и пигмента – окрашенного органического вещества. Из хромопротеидов наиболее изучен **гемоглобин** – окрашенный белок красных кровяных

клеток - эритроцитов. Гемоглобин, соединяясь с кислородом, превращается в оксигемоглобин, который, отдавая свой кислород, снова превращается в гемоглобин. Значение гемоглобина в жизни человека и животных очень велико. Он играет роль переносчика кислорода от легких к тканям. Образовавшийся в легких оксигемоглобин с кровью разносится по телу. Кроме того, гемоглобин вместе с плазмой крови осуществляет регуляцию величины pH крови и транспорт углекислоты в организме.

Характерной особенностью гемоглобина является его способность соединяться с окисью углерода (карбоксигемоглобин), после чего он теряет способность соединяться с кислородом. Этим объясняется ядовитое действие окиси углерода (угарный газ).

Гемоглобин представляет собой соединение белка глобина с пигментом гемохромогеном. Вне организма гемоглобин при действии воздуха превращается в метгемоглобин, который отличается от оксигемоглобина прочностью связи с кислородом. При обработке ледяной уксусной кислотой метгемоглобин расщепляется с образованием глобина и гематина  $C_{34}H_{32}O_4N_4Fe(OH)$ . При обработке метгемоглобина тем же реактивом, но в присутствии NaCl, получается хлористая соль гемин  $C_{34}H_{32}O_4N_4FeCl$ . Гемин образует характерные красно-коричневые кристаллы, которые дают возможность открыть присутствие крови в пятнах даже через несколько лет.

**Глюкопротеиды.** Некоторые белки этой группы встречаются в слизистых выделениях животных организмов и человека, поэтому они тянутся в нити даже при сравнительно большом разбавлении. Эти белки образуются в подчелюстной железе (одна из слюнных желез), печени, железах желудка и кишечника. Другие глюкопротеиды находятся в хрящах, яичном белке, стекловидном теле глаза и т.д. Глюкопротеиды представляют сочетания белков с веществами, содержащими остатки некоторых производных углеводов, серной и уксусной кислот.

Макромолекула белка состоит из 20 различных  $\alpha$ -аминокислот, которые соединяются пептидной связью, образуя ди-, три-, и тетра- и т.п. простые олигопептиды. Полипептиды содержат более 20, а полипептидные цепи белков от 50 до 2500 остатков аминокислот. Возможны множество вариантов аминокислотной последовательности в полипептидной цепочке. Так, для пептида, состоящего из остатков 20 разных аминокислот, возможны  $2 \cdot 10^{18}$  вариантов. Однако в живой

природе реализуется лишь небольшая доля изомеров белков.

Аминокислоты по биологической значимости разделяются на **незаменимые и заменимые**. Последние синтезируются в органах и тканях животных и человека, а незаменимые не синтезируются *de novo* и поэтому должны поступать в организм в составе белков корма и пищи. **Незаменимые – валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, треонин, фенилаланин, триптофан, гистидин, аргинин.** Заменимые: глицин, аланин, серин, аспарагиновая и глутаминовая кислота, цистин, цистеин, тирозин, пролин, оксипролин.

**К полноценным относятся белки**, содержащие все незаменимые аминокислоты в достаточном количестве. Относительным этапом полноценного белка считается лактоальбумин. Полноценными белками являются казеин и лактоглобулин молока, миозин и миоген мышц, альбумин и вителлин куриного яйца, бактериальные белки, белки зерен злаковых растений. Однако растительные белки менее ценны, чем животные в питательном отношении. Они беднее лизином, метионином и триптофаном.

**К неполноценным относятся белки**, в составе которых отсутствуют или содержится крайне малое количество одной или нескольких незаменимых аминокислот. Так, в зеине – белке кукурузных зерен мало триптофана. При длительном недостатке лизина проявляется анемия, метионина – гипопроteinемия, ожирение печени и цирроз, триптофана – катаракта, облысение, атрофия семенников, рассасывание плода.

## Структурная организация белков

Белковая молекула имеет весьма сложную структуру. Принято различать четыре уровня структурной организации белков.

**Первичная структура** обеспечивается последовательностью аминокислот, соединенных между собой пептидной связью. Каждый белок содержит разное количественное соотношение их и имеет свой порядок расположения аминокислотных остатков в молекуле. Это является одним из самых главных факторов, определяющих огромное разнообразие белков в живых системах.

**Вторичная структура** формируется наличием  $\alpha$ -спиралей в полипептидной цепочке и образованием складчатых листов ( $\beta$ -структура) из двух или нескольких участков цепи.

**Третичная структура** характеризует конформацию молекулы

белка в целом, его пространственную форму, образованную первичной и вторичной структурами.

*Четвертичная структура* относится к сложным белкам, у которых субъединицы (белковая и простетическая части) имеют особое пространственное взаиморасположение, например, гемоглобин, состоящий из 4-х полипептидных цепочек и 4-х гемов.

### Схема переваривания белков корма в желудочно-кишечном тракте

Расщепление белков корма в желудочно-кишечном тракте животных происходит под действием собственных ферментов пищеварительных соков и ферментов микроорганизмов. У моногастричных животных белки корма набухают в солянокислой среде желудочного сока (рН=1,5-2,0) и расщепляются с участием воды (гидролиз) под действием фермента пепсина до пептонов и полипептидов. Затем в 12-перстной кишке кормовая масса, поступающая из желудка, нейтрализуется соком поджелудочной железы (рН=8,2) и подвергается действию фермента трипсина, который расщепляет пептоны, полипептиды и остатки белковых молекул до низкомолекулярных пептидов. Далее в длинной тощей кишке ферменты кишечного сока – пептидазы (амино- и карбоксипептидазы) осуществляют гидролиз пептидов до аминокислот, которые всасываются и поступают в лимфу и кровь.

У полигастричных (жвачных) животных в превращении белков корма в преджелудках (рубец, сетка, книжка) большую роль играют бактерии и инфузории. Они вырабатывают активные протеазы, расщепляющие часть белков корма до простых пептидов и аминокислот. Последние используются микроорганизмами для синтеза собственных полноценных белков и размножения. В сычуг (собственный желудок) поступает частично обработанная кормовая масса, в которой содержится остаток белков корма и микроорганизмы. В кислой среде сычужного сока бактерии и инфузории погибают, фермент пепсин гидролизует как белки корма, так и белки микроорганизмов. Далее процесс идет как у моногастричных животных.

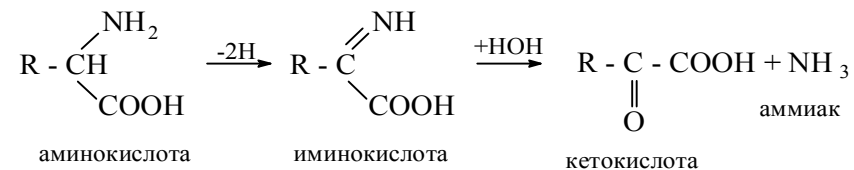
Аминокислоты кормового и бактериального происхождения после всасывания вовлекаются в промежуточный обмен. Большая часть их используется для синтеза *de novo* собственных тканевых и органических белков, меньшее количество претерпевает различные превращения.

### Распад белков и превращения аминокислот в организме.

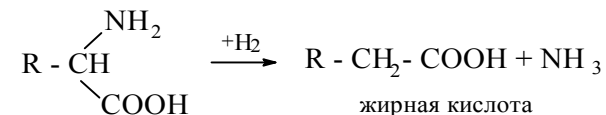
В тканях, наряду с синтезом *de novo*, происходит непрерывный распад собственных белков до аминокислот, доля их составляет примерно 1/5 часть по сравнению с количеством аминокислот, поступающих из кишечника при переваривании белков корма. Большая часть аминокислот идет на обновление белков органов, тканей и клеток. Аминокислоты, не использованные для синтеза белков, претерпевают различные ферментативные превращения. Из них синтезируется целый ряд азотсодержащих соединений (креатин, карнозин, ансерин), гормоны (адреналин, тироксин) и другие вещества. Глубокий ферментативный распад аминокислот с образованием конечных продуктов (аммиак, углекислый газ, вода) происходит по таким общим реакциям как дезаминирование, декарбоксилирование, переаминирование и т.д.

*Дезаминирование аминокислот* может протекать тремя путями. Основной путь дезаминирования – окислительный.

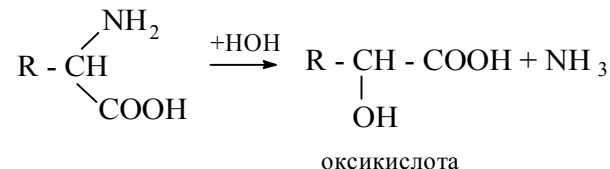
а) Окислительное дезаминирование происходит с образованием промежуточного продукта – иминокислоты, а затем – кетокислоты и аммиака:



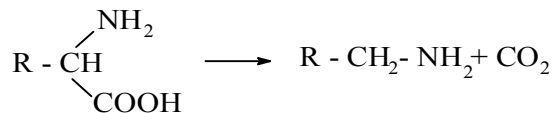
б) Восстановительное дезаминирование завершается образованием жирной кислоты и аммиака:



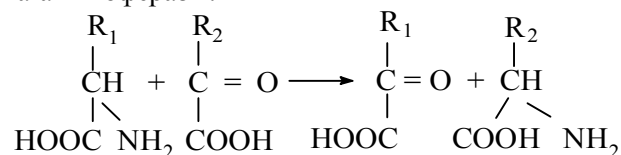
в) Гидролитическое дезаминирование протекает с участием воды и выделением аммиака и оксикислоты.



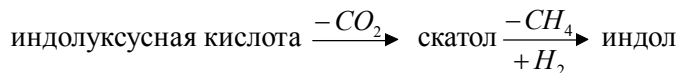
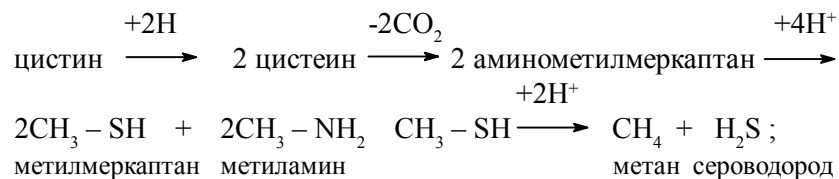
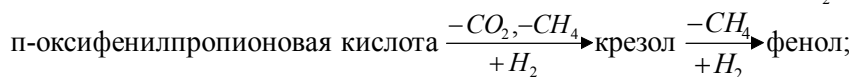
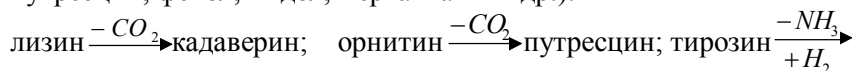
**Декарбоксилирование аминокислот** катализируется декарбоксилазами с отщеплением карбоксильной группы с образованием амина и углекислого газа:



**Переаминирование** сопровождается переброжкой аминогруппы от донора (аминокислота) к акцептору ( $\alpha$ -кетокислота) с участием фермента аминотрансферазы:



В кишечнике при **гнилостном бактериальном разложении** белков и аминокислот образуются ядовитые соединения (кадаверин, путресцин, фенол, индол, меркаптаны и др.):

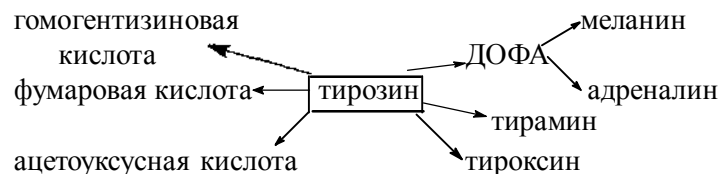
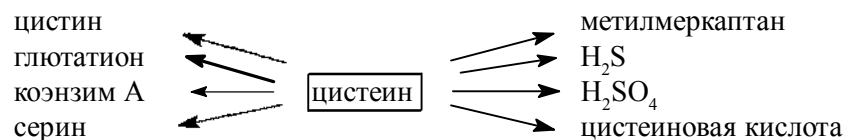
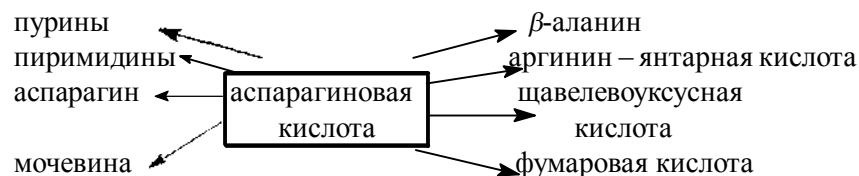
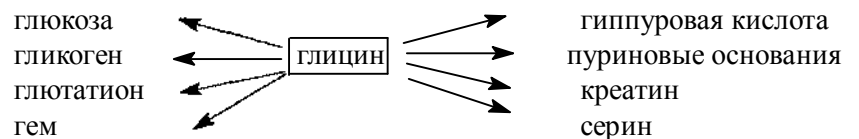


Индол всасывается и окисляется в печени до индоксила и превращается в соль индикан по схеме:



Индикан появляется в моче. В клинической практике ставят качественную реакцию на индикан для установления гнилостного разложения белка в кишечнике.

### Схемы участия отдельных аминокислот в биосинтезе

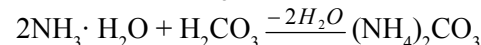
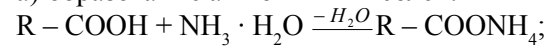


### Конечные продукты белково - аминокислотного обмена

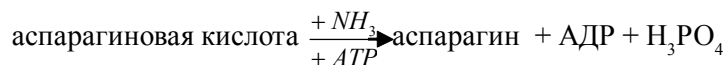
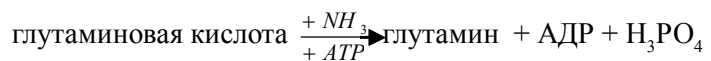
Конечными продуктами являются аммиак, мочевина, углекислый газ и вода. Аммиак, как клеточный яд нейтрализуется.

### Пути обезвреживания аммиака:

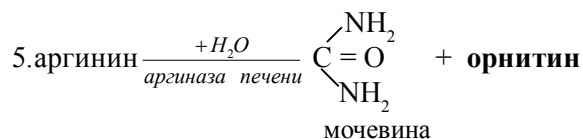
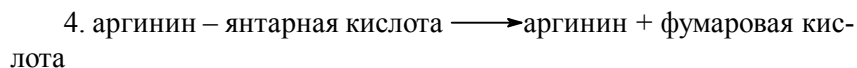
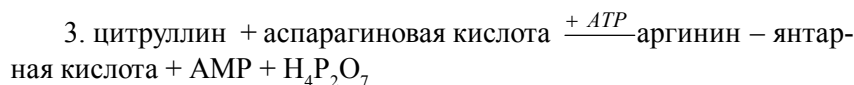
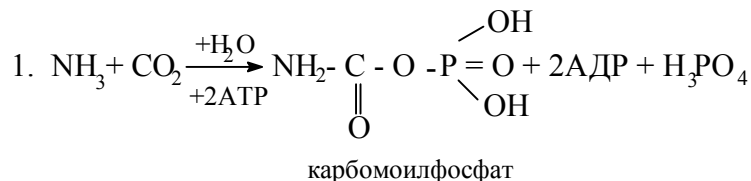
а) образование аммонийных солей:



б) образование амидов моноаминодикарбоновых кислот



в) образование мочевины – основной путь обезвреживания аммиака, протекает в печени (орнитиновый цикл):

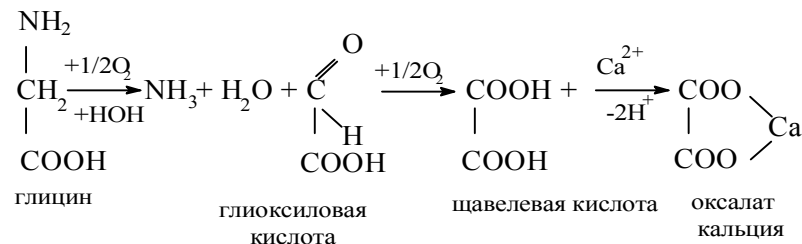


Мочевина выводится через почки с мочой.

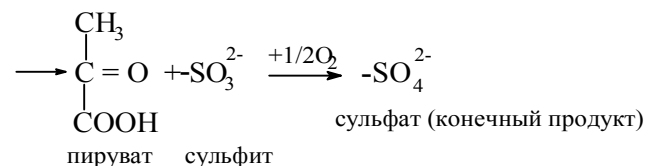
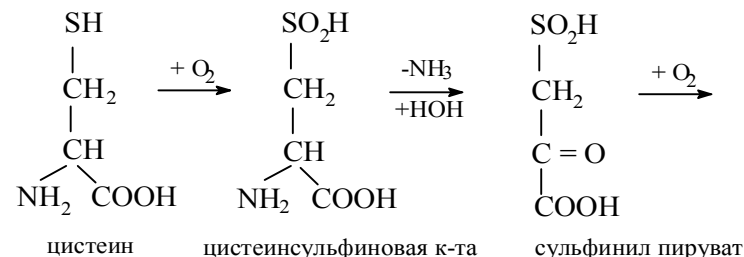
Схема образования конечных продуктов обмена азотистых пуриновых и пиримидиновых оснований даны в разделе нуклеиновые кислоты.

### Нарушение метаболизма отдельных аминокислот

**Глицин.** При окислительном дезаминировании глицина образуется глиоксиловая кислота, которая участвует во многих реакциях. Последующее окисление глиоксиловой кислоты приводит к образованию щавелевой кислоты (оксалат). Увеличение образования оксалата сопровождается прогрессирующим отложением оксалата кальция в почках и других тканях:

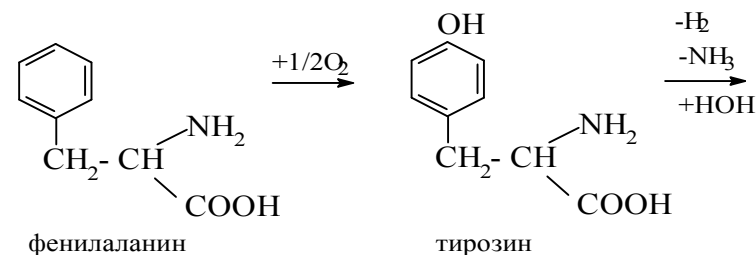


**Цистеин.** Окисление и удаление серы происходит по схеме:

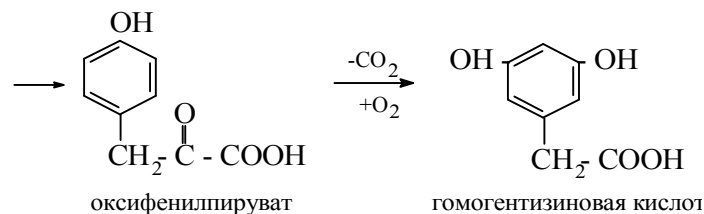


При отсутствии в печени и почках фермента сульфатоксидазы в моче увеличивается количество сульфита и тиосульфита, но практически отсутствует сульфат. При этом у больных отмечены выраженные нарушения нервной системы.

**Фенилаланин, тирозин.** При их метаболизме как промежуточный продукт образуется гомогентизиновая кислота:

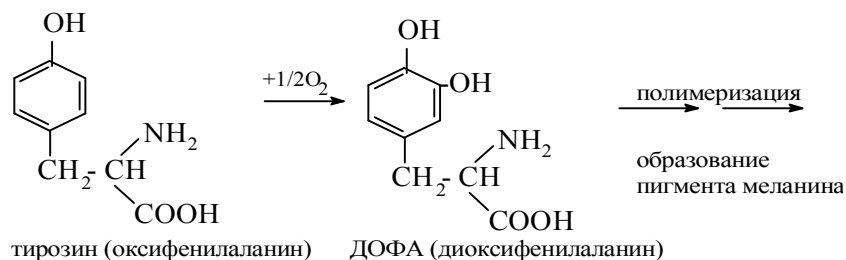






Нарушение дальнейшего окисления гомогентизиновой кислоты приводит к накоплению и выделению ее с мочой (алкаптонурия). Это чаще врожденное заболевание. Моча больного при слабом подщелачивании быстро темнеет, а добавление слабого раствора  $FeCl_3$  дает голубое окрашивание. При длительной алкаптонурии происходит пигментация хрящевой ткани (охронозис) за счет образования меланиноподобного вещества.

Тирозин в меланобластах эпидермиса кожи под действием медьсодержащего фермента тирозиназы окисляется до диоксифенилаланина (ДОФА), из которого образуется полимер меланин – пигмент темного цвета по схеме:



Цвет кожи (черная, коричневая, желтая) зависит от наличия в меланобластах меланина с разной степенью окисления. Врожденное отсутствие фермента тирозиназы приводит к альбинизму. Очаговая депигментация связана с нарушением функций меланинообразующих клеток в отдельных участках кожи.

#### Литература:

1. А. И. Кононский. Биохимия животных. М.: «Колос», 1992

#### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Аминокислотный состав природных белков.
2. Химическая и биологическая классификация аминокислот.

3. Структура белковой молекулы.
4. Классификация белков.
5. Физико-химические свойства белков.
6. Полноценные и неполноценные белки.
7. Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте животных.
8. Переход пепсиногена в пепсин, трипсиногена в трипсин, пептидазы. Условия для работы этих ферментов.
9. Механизм всасывания продуктов переваривания белков.
10. Особенности переваривания белков в желудочно-кишечном тракте у жвачных животных.
11. Возможные реакции превращения аминокислот в ЖКТ.
12. Гнилостный распад белков в кишечнике.
13. Биохимические пути обезвреживания токсичных продуктов, образующихся в кишечнике при распаде аминокислот.
14. Пути превращения и использования фенилаланина и тирозина.
15. Образование биологически активных пептидов и их роль.
16. Биосинтез аминокислот в организме животных.
17. Биосинтез белков в организме животных.
18. Роль нуклеиновых кислот в клеточном синтезе белков.
19. Анаболизм и катаболизм собственных белков в организме.
20. Основные реакции превращения аминокислот.
21. Нарушения метаболизма отдельных аминокислот.
22. Главнейшие соединения, связывающие обмен белков, углеводов и липидов.
23. Пути обезвреживания аммиака в организме.
24. Сравнительная пластическая и энергетическая ценность белков, липидов, углеводов.
25. Структура и функции белков различных тканей.
26. Опишите процесс биосинтеза мочевины у млекопитающих.
27. Особенности обмена белков у птиц и рептилий.
28. Белки крови и их функции.
29. Белки мышечной ткани. Сократительный белковый комплекс.
30. Белки молока и молозива.
31. Белки-ферменты.
32. Белки-гормоны.

## Индивидуальные задания

### Вариант 1

1. Что называется изоэлектрической точкой (ИЭТ) белка? Как заряжены частицы белка при  $pH=4,0$ , если ИЭТ этого белка равна 5,5? Дайте объяснение.
2. Напишите диссоциацию аланина по кислотному и основному типу.
3. Напишите химическую формулу любого дипептида и назовите его.
4. Какую структуру белка называют вторичной?
5. Особенности переваривания белков у жвачных животных.
6. Свойство белков-ферментов?

### Вариант 2

1. Гидрофильные свойства белка. Какие белки мышечной ткани растворимы в воде и какие в слабых солевых растворах?
2. Напишите диссоциацию лизина по основному и кислотному типу.
3. Напишите химическую формулу трипептида гли-ала-асп.
4. Какую структуру белка называют третичной?
5. Схема переваривания белков у моногастрических животных.
6. Назовите белки-гормоны.

### Вариант 3

1. Как изменяются свойства белков в изоэлектрическом состоянии и какое это имеет значение для их осаждения (коагуляции) на примере казеина молока?
2. Используя реакции с гидроксидом натрия и соляной кислотой покажите амфотерность аминокислоты аланина.
3. Какую структуру белка называют четвертичной?
4. На основании чего аминокислоты подразделяются на заменимые и незаменимые? Перечислите незаменимые аминокислоты.
5. Какие ядовитые продукты образуются при гнилом распаде белков в кишечнике?
6. Белки крови и их функции?

### Вариант 4

1. Какое состояние молекулы белка называется изоэлектрическим? Определите знак заряда частиц казеина в щелочной среде, если

ИЭТ его равна 4,7

2. Какие аминокислоты проявляют выраженные основные свойства?
3. Что такое протеины и протеиды? Назовите основные протеины плазмы крови.
4. Сущность метода распределительной хроматографии белков.
5. Основные реакции превращения аминокислот при метаболизме.
6. Проферменты и ферменты пищеварительных соков, катализирующих расщепление белков.

### Вариант 5

1. Какие белки имеют изоточку в кислой среде и от содержания каких аминокислот это зависит? Дайте объяснение.
2. Аминокислоты амфотерны. Напишите реакцию взаимодействия глутаминовой кислоты с гидроксидом натрия и соляной кислотой.
3. Какие белки называют антителами?
4. Напишите химическую формулу дипептида, состоящего из остатков метионина и серина.
5. Пути обезвреживания (связывания) аммиака.
6. Белки молока и их роль в питании молодняка.

### Вариант 6

1. Напишите реакцию гидролиза дипептида аланилсерина.
2. Какие аминокислоты относятся к незаменимым? перечислите и напишите формулы.
3. Дайте характеристику первичной структуры белка.
4. Какой заряд будет иметь молекула белка казеина при  $pH = 3,0$  и  $pH = 6,0$ , если его изоэлектрическая точка равна 4,7?
5. Орнитиновый синтез мочевины.
6. Белки соединительной ткани.

### Вариант 7

1. На примере лейцина покажите амфотерные свойства аминокислот.
2. Напишите реакцию декарбоксилирования аминокислоты лизина и назовите продукт реакции.
3. Объясните механизм осаждения белков нейтральными соля-

ми (высаливание).

4. Дайте характеристику альбуминам и глобулинам плазмы крови.
5. Пути превращения и использования фенилаланина и тирозина.
6. Непополненные белки и возможные патологии при их длительном употреблении.

#### Вариант 8

1. Объясните принципы электрофоретического фракционирования белков.
2. Напишите формулу трипептида аланилглицилвалина.
3. Перечислите известные простые и сложные белки.
4. Какой белок, благодаря каким аминокислотам, придает особые свойства шерсти, рогам, копытам, когтям?
5. Белки мышечной ткани. (Сократительный белковый комплекс).
6. Составьте схему переваривания белков с участием ферментов ЖКТ.

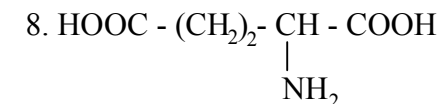
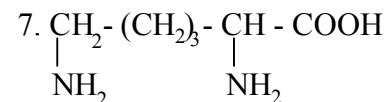
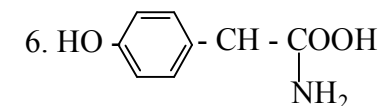
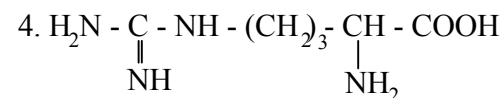
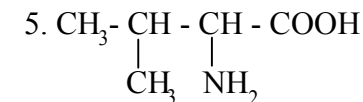
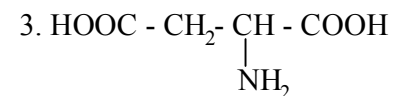
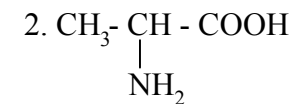
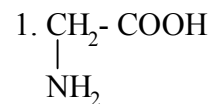
#### Вариант 9

1. Объясните механизм необратимого осаждения белков.
2. Напишите формулу дипептида серилметионина.
3. Назовите глобулярные и фибриллярные белки.
4. Напишите схему образования заряда белковой молекулы.
5. Пластическая и энергетическая ценность белков.
6. Полноценные белки животного и растительного происхождения.

#### Тесты для самоконтроля знаний по аминокислотам

##### Вариант 1

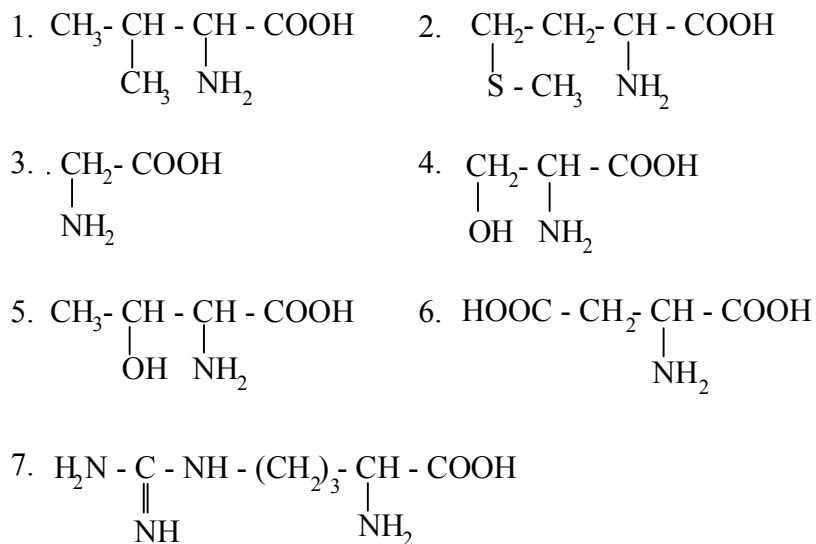
1. Найдите и назовите кислые аминокислоты
2. Укажите аминокислоту, при расщеплении которой образуется мочевины.
3. Найдите оксифенилаланин. Как называется эта аминокислота?
4. Укажите аминокислоты, содержащиеся в белках кожи, шерсти рогов, копыт.
5. Какие изменения происходят при денатурации белка?



1. Уменьшение растворимости
2. Изменение первичной структуры
3. Нарушение ковалентных связей
4. Разрыв пептидных связей
5. Нарушение пространственной структуры
6. Потеря биологической активности

##### Вариант 2

1. Найдите и назовите незаменимые аминокислоты.
2. Укажите аминокислоту, которая используется для синтеза цистеина.
3. Укажите аминокислоту с метильным радикалом и дайте название.
4. Дайте полное название диаминомонокислотам.
5. Укажите параметры белков, от которых зависит высаливание.



1. ала.      3. лиз.      5. арг.      7. лей.  
2. асп.      4. гис.      6. фен.      8. мет.

1. Форма белковых молекул  
2. Размер белковых молекул  
3. Степень гидрофильности  
4. Суммарный заряд белковых молекул

### Вариант 3

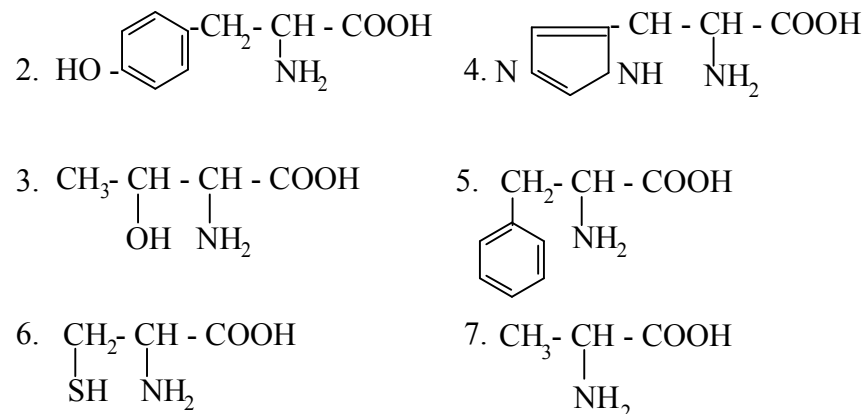
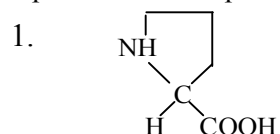
1. Укажите аминокислоту, участвующую в синтезе гормонов мозгового слоя надпочечников.

2. Найдите и назовите незаменимые аминокислоты.

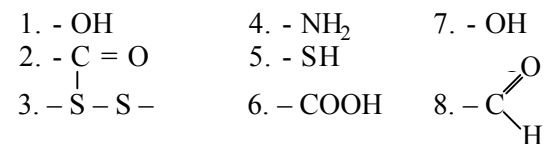
3. Найдите и назовите аминокислоту, содержащую имидазольный цикл.

4. Укажите характерные изменения белков при денатурации и при высаливании.

5. Укажите функциональные группы и радикалы, участвующие в реакции солеобразования.



1. Изменение молекулярной массы  
2. Нарушение структуры молекулы  
3. Сохранение структуры молекулы  
4. Обратимое осаждение белка  
5. Необратимое осаждение белка  
6. Уменьшение растворимости  
7. Изменение степени гидратации  
8. Необратимое изменение биологических свойств  
9. Изменение суммарного заряда молекулы белка



### Вариант 4

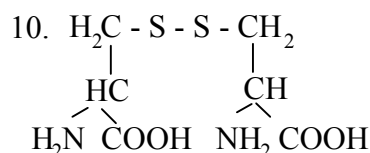
1. Найдите и назовите аминокислоты, принимающие участие в синтезе парных желчных кислот, гемоглобина, пуриновых оснований.

2. Найдите незаменимую кислоту лизин, которая содержится в белках печени, мышц, фибриногена крови.

3. Укажите незаменимые аминокислоты лей- и иле-, которые являются изомерами α-аминоизокапроновой кислоты.

4. Укажите аминокислоты, обеспечивающие белковой молеку-

5. Напишите структурные формулы пептидов: Глу – Гли – Ала – Глу, Асп – Ала – Гли – Лиз, Лиз – Ала – Гли – Лиз. Укажите, какие свойства (кислые, основные, нейтральные) они проявляют при  $\text{pH} = 7$ ,  $\text{pH} = 5$  и  $\text{pH} = 9$ , а также к какому электроду они могут притягиваться при электрофорезе.



### Вариант 6

1. Дайте название каждой аминокислоте и укажите к какой группе они относятся: моноаминодикарбоновые, диаминомонокрбоновые, моноаминомонокрбоновые, серосодержащие, оксикислоты, ароматические, кислые, основные, нейтральные.

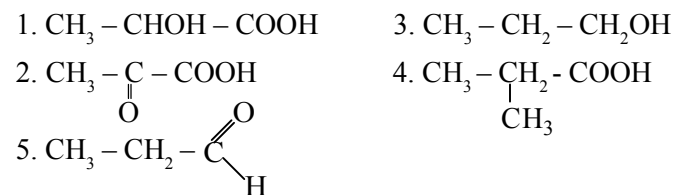
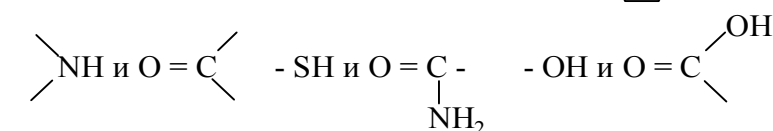
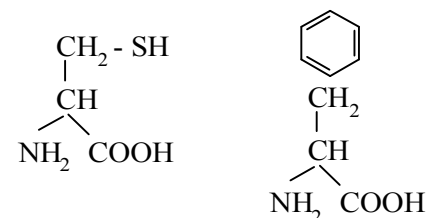
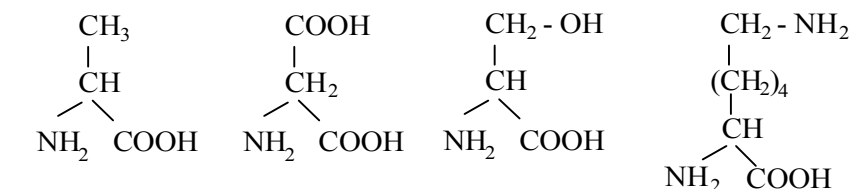
2. Напишите структурную формулу тетрапептида следующего строения: Сер – Ала – Цис – Мет и укажите имеющиеся функциональные группы и дайте им названия

3. Назовите типы связей в белковой молекуле, которые образуются различными парами функциональных групп аминокислот?

4. Какие вещества образуются при окислительном, восстановительном и гидролитическом дезаминировании  $\alpha$ -аланина?

5. Какие физико-химические свойства белков лежат в основе перечисленных методов разделения и выделения их?

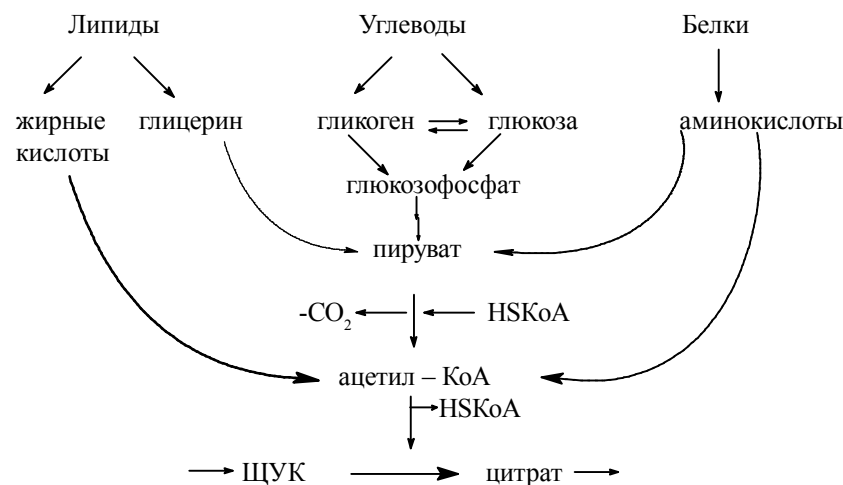
- Солевое фракционирование
- Электрофорез
- Ультрацентрифугирование
- Ионообменная хроматография
- Гельфильтрация

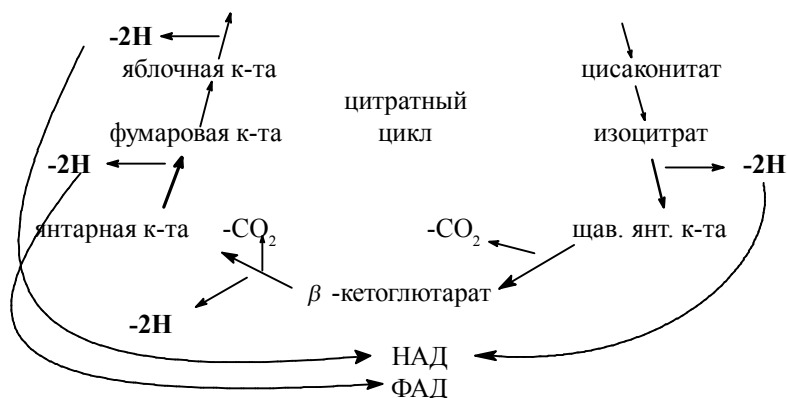


### Раздел VI. Взаимосвязь обмена углеводов, белков и липидов (метаболическая мельница). Схема 9.

Обмен веществ в живом организме протекает как сложный процесс. Поэтому его называют “метаболическая мельница”. Для облегчения изучения и понимания обмена веществ его подразделяют на обмен углеводов, белков, липидов и других соединений. Представленная схема 9 показывает взаимосвязи между превращениями основных веществ (углеводы, белки, липиды) через общие промежуточные продукты, как пируват (пировиноградная кислота) и ацетил – КоА.

Ацетил – остаток уксусной кислоты окисляется (сгорает) в цитратном цикле (цикле три- и дикарбоновых кислот) до  $\text{CO}_2$ , это своеобразный “центральный котел” живой системы, где промежуточный продукт ацетил, образованный при расщеплении углеводов, липидов и белков, сгорает с выделением макроэргических эквивалентов.





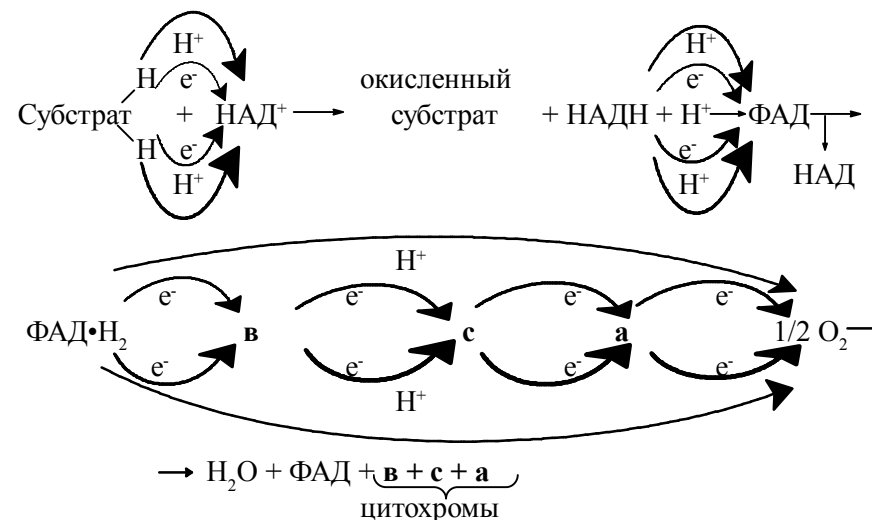
CO<sub>2</sub> удаляется при дыхании с выдыхаемым воздухом, частично используется для нейтрализации аммиака при образовании карбомилфосфата при синтезе мочевины и других целей.

При дезаминировании аминокислот образуются различные карбоновые кислоты, которые вовлекаются в цитратный цикл, используются для синтеза и т.д., а аммиак, как ядовитое вещество, в орнитиновом цикле обезвреживается в печени, превращаясь в мочевины.

### Биологическое окисление. Дыхание. Схема 10.

Электроны и протоны (ионы водорода), отщепляемые при биологическом (бескислородном) окислении субстратов: изоцитрата, α-кетоглутарата, янтарной и яблочной кислот (на схеме даны в виде водородных атомов -2H) принимают на себя коферменты НАД и ФАД. Последние при этом восстанавливаются (НАД H<sub>2</sub> и ФАД H<sub>2</sub>), а затем электроны и протоны они передают дыхательным пигментам клеток-цитохромам. Далее цитохромы **в**, **с**, **а** последовательно по цепочке присоединяют электроны и передают кислороду. Атом кислорода, приняв два электрона, приобретает отрицательный заряд и только после этого присоединяет два протона (2H<sup>+</sup>) от ФАД H<sub>2</sub>, с образованием молекулы воды по **схеме 10** биологического окисления - дыхания:

Следовательно, кислород в дыхании – биологическом окислении принимает участие в заключительном этапе как акцептор электронов и протонов, отщепляемых от субстрата-донатора, и передаваемых по цепочке для образования воды эндогенного происхождения.



### Литература:

1. А.И. Кононский. Биохимия животных. М.: "Колос", 1992. – С. 369-348, 396-399.

## Раздел VII. Обмен нуклеиновых кислот. (Краткие сведения)

Развитие и размножение живых организмов немыслимо без синтеза de novo белков и полипептидов, свойственных данному индивиду. Поэтому наряду с белками, имеются другие полимеры – нуклеиновые кислоты, обладающие информацией по их синтезу с точной аминокислотной последовательностью.

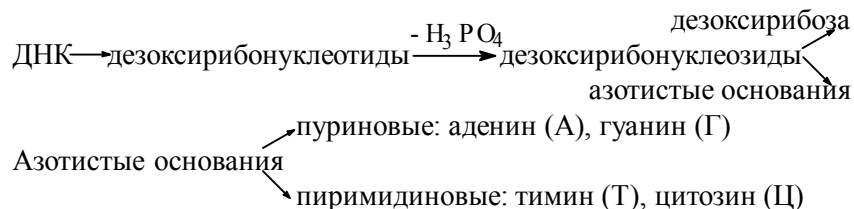
Нуклеиновые кислоты представляют из себя линейные полимеры, состоящие из нуклеотидов – мономеров, связанных между собой фосфодиэфирными связями. Имеются два класса нуклеиновых кислот: **РНК** – **рибонуклеиновые**, содержащие моносахарид рибозу и **ДНК** – **дезоксирибонуклеиновые**, в состав которых включена дезоксирибоза.

Различные ДНК построены из четырех различных нуклеотидов и отличаются числом этих мономеров.

Самым большим достижением естествознания во второй половине XX века является открытие Д. Уотсоном и Ф. Криком (1953) пространственной структуры ДНК, на основе которой было дано

объяснение о способности этого полимера носить, хранить, умножать и передавать наследственную информацию.

ДНК при гидролизе расщепляется на составные компоненты по схеме:



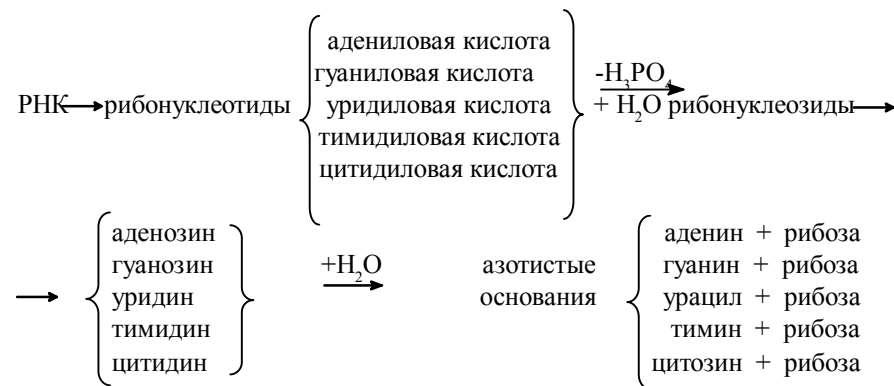
По правилу У.Ф.Чаргаффа о комплементарности (соответствии) азотистые основания в молекуле ДНК содержатся в следующем равенстве: количество аденина (А) = количеству тимина (Т); Г = Ц и А+Г = Т+Ц;

ДНК плотно упакована в митохондриях и хромосомах ядер клеток. Длина самой большой ДНК человека достигает 8 см, но она так уложена в хромосоме, что ее длина составляет всего 5 нм. Ядерная ДНК животных связана с белками – гистонами, образуя хроматин.

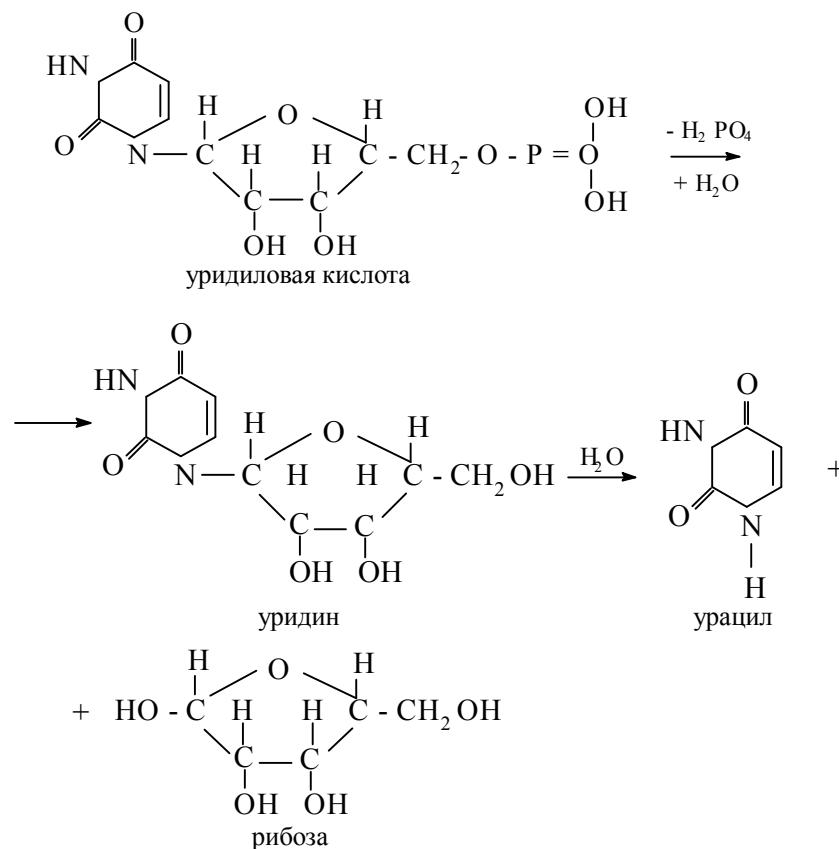
Изменения в последовательности соединений азотистых оснований в молекуле ДНК называются **мутациями**. Среди различных видов мутаций наиболее часто происходит замещение одной пары азотистых оснований другой из-за ошибок в спаривании их в процессе синтеза ДНК.

Двухспиральная жесткая структура ДНК поддерживается водородными связями между амино- и кетогруппами, а также гидрофобными силами взаимодействия пуринов и пиримидинов. Разрушение двухспиральной структуры ДНК (денатурация) на две отдельные цепи происходит при нагревании, при кислых (рН=2-3) и щелочных (рН=12) реакциях и действии ряда веществ (формамид, мочевины). Денатурация ДНК – процесс обратимый. При частичной денатурации, снижении температуры, изменении рН среды до оптимальной происходит быстрая ренатурация – восстановление первоначальной двухспиральной структуры ДНК.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) состоят из остатков рибонуклеотидов, соединенных фосфодиэфирной связью. При гидролизе их образуются:



При гидролизе уридиловой кислоты образуются:





Имеются три типа рибонуклеиновых кислот (иРНК – информационная, рРНК – рибосомная, тРНК – транспортная), которые синтезируются с помощью фермента РНК – полимеразы на определенных участках матрицы двуспиральной цепи ДНК.

иРНК синтезируется в ядрах клеток на конкретном участке ДНК и представляет его копию, т.е. последовательность нуклеотидов с ДНК «переписывается» на иРНК. На долю иРНК приходится лишь 2% общего количества РНК клетки.

иРНК поступает в цитоплазму и фиксируется на рибосомах, образуя полисомы. Строго последовательное соединение аминокислот в молекуле белка соответствует нуклеотидному порядку иРНК. Информационная РНК содержит от 100 до 6000 остатков нуклеотидов.

рРНК находится в рибосомах в виде магниевой соли. На долю их приходится 75 – 85% всей РНК клетки. Функции рРНК до конца не раскрыты. Полагают, что они способствуют формированию белковой молекулы. рРНК состоит из 2-х субъединиц (большая имеет 2500 – 4000, малая 1500 – 2000 нуклеотидных остатков).

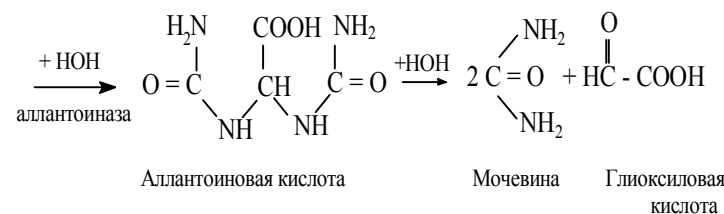
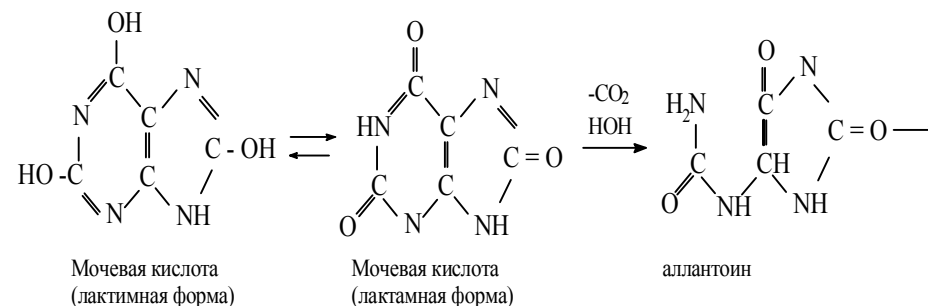
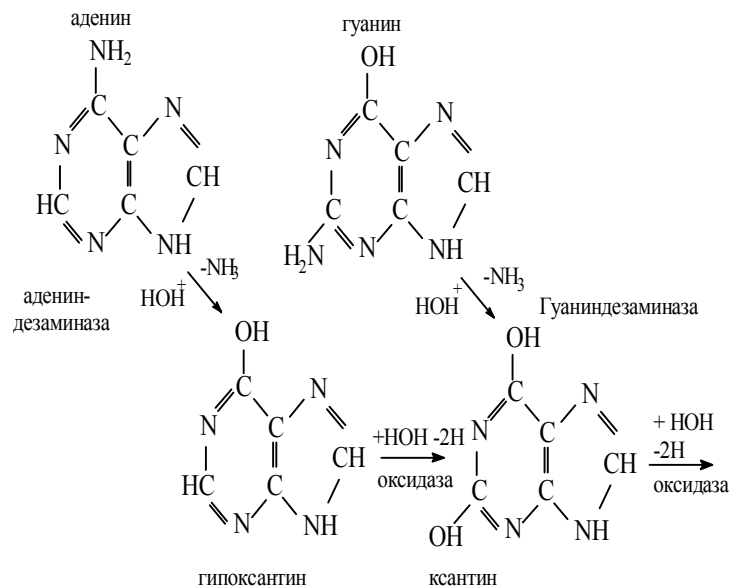
тРНК находятся в цитоплазме, они обеспечивают связывание и доставку аминокислот на комплекс рибосомы. На каждую из 20 аминокислот имеются несколько тРНК. Молекула тРНК состоит из 75-90 нуклеотидных остатков. Доля их составляет 10-15%.

### Катаболизм пуриновых оснований

У млекопитающих пуриновые основания аденин и гуанин окисляются в печени в **мочевую кислоту**, которая превращается в **аллантион** и выделяется с мочой.

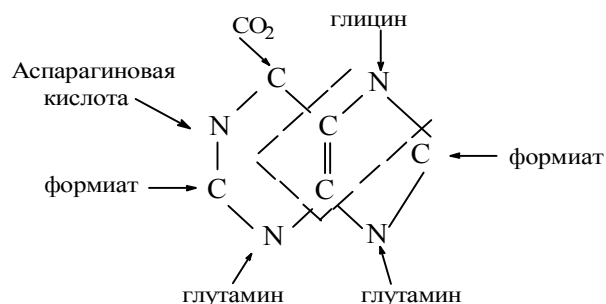
Превращение мочевой кислоты в аллантион протекает аэробно при действии печеночного фермента **уратоксидазы**. Поэтому у домашних и диких животных в моче присутствует аллантион. У птиц, человека и приматов этого фермента нет и конечным продуктом пуринового катаболизма является мочевая кислота. Аллантииновая кислота обнаружена в выделениях некоторых рыб, а мочевина у большинства рыб, амфибий и пресноводных моллюсков.

У свиней, из-за отсутствия фермента гуаниндезаминазы, гуанин выделяется с мочой совместно с аллантионом. Для свиней описано отложение кристаллов гуанина в суставах, напоминающее подагру у человека. У людей натриевая соль мочевой кислоты в виде подагрических отложений обнаруживается в хрящах (хруст, шелканье суставов) и почках.



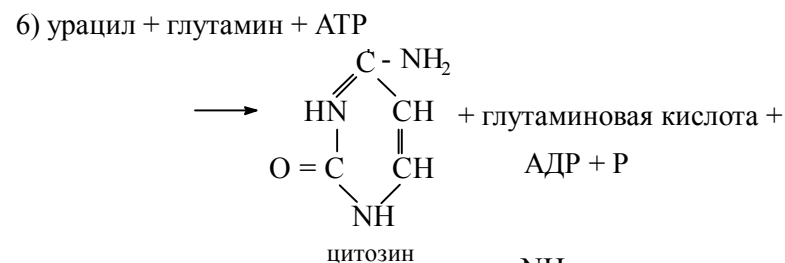
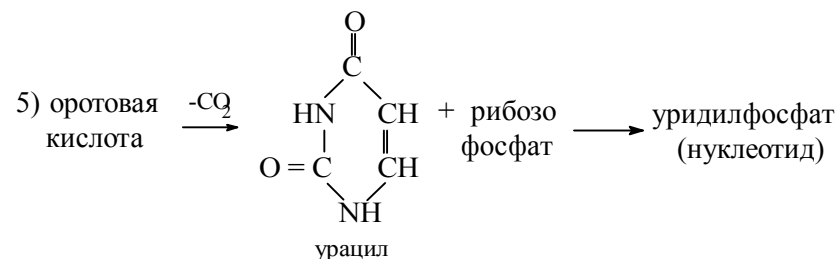
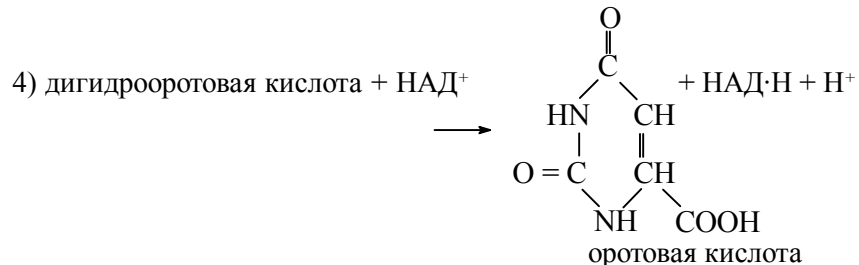
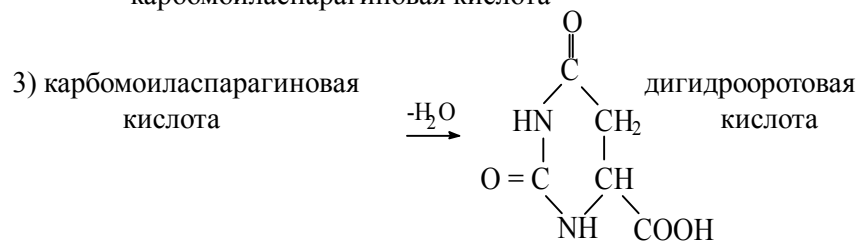
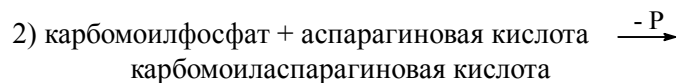
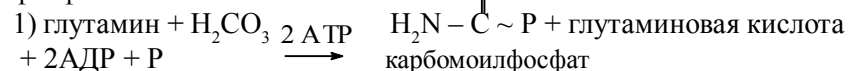
### Биосинтез de novo пуриновых оснований.

Для биосинтеза пуриновых оснований аденина и гуанина используется глицин, глутамин, аспарагиновая кислота, формиат и углекислый газ. В сложной цепи биохимических реакций для образования пурина используются необходимые части (атомы) указанных соединений по схеме. Обратите внимание на глицин, у которого два атома углерода и атом азота составляют основу пурина.



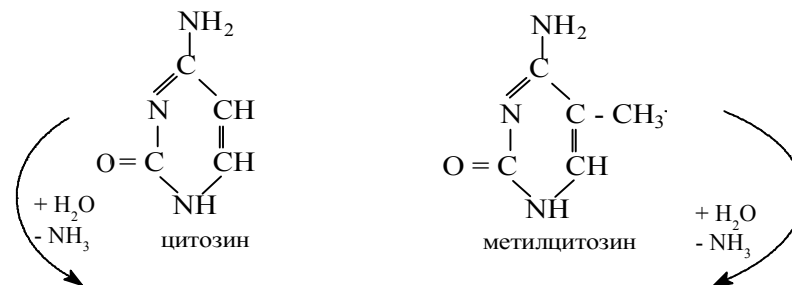
### Схема биосинтеза de novo пиримидиновых оснований

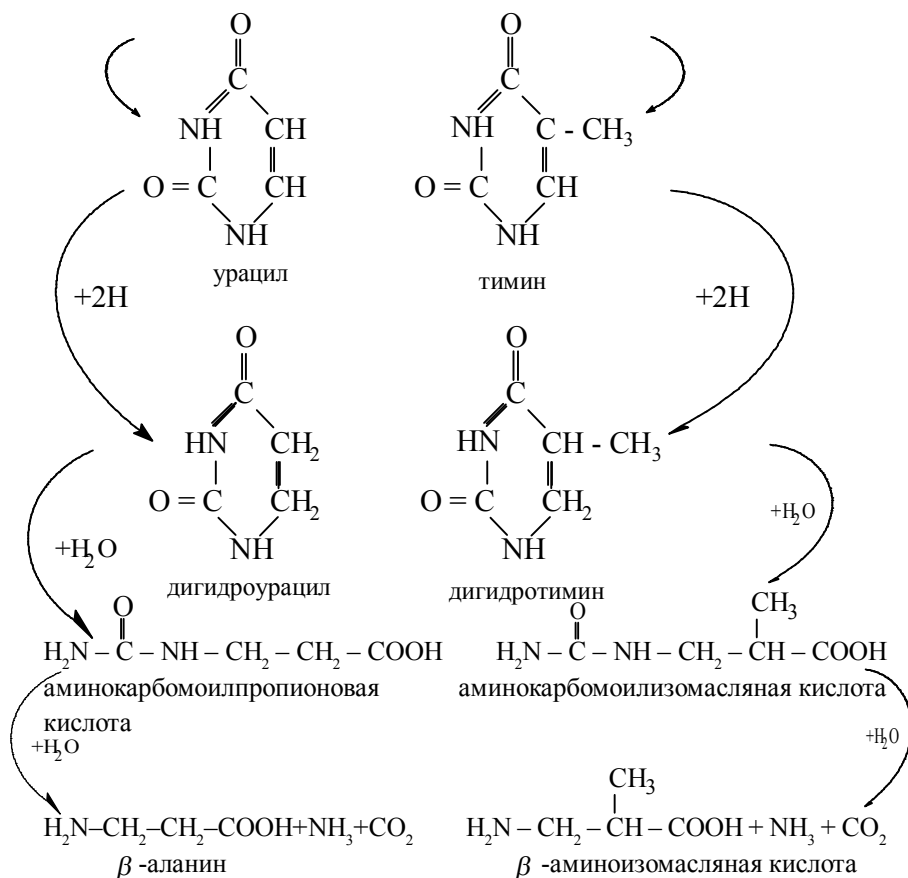
Биосинтез пиримидинов начинается с образования карбомилфосфата:



### Катаболизм пиримидиновых оснований

Цитозин и метилцитозин дезаминируются с образованием урацила и тимина, которые путем реакции восстановления превращаются в дегидроурацил и дегидротимин, а затем происходит гидролитическое расщепление до  $\beta$ -аминокислот по схеме:





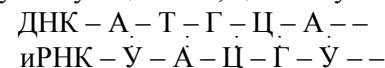
$\beta$ -аланин входит в состав пантотеновой кислоты, коэнзима А, а также карнозина и ансерина.  $\beta$ -аминоизомасляная кислота может превращаться в метилмалонат.

### Схема кодирования биосинтеза белка

В живой природе имеется огромное многообразие белков. Биосинтез белков в клетках осуществляется по **генетическому коду** – информации, заложенной в нуклеиновых кислотах (ДНК, иРНК) и он протекает в две основные стадии: транскрипции и трансляции.

Структура ДНК имеет строго **триплетное** построение нуклеотидов, состоящих из сочетания адениловой (А), гуаниловой (Г), ци-

тидиловой (Ц) и тимидиловой (Т) кислот. Отсюда количество триплетов равно  $4^3=64$ . Триплеты состоят из трех нуклеотидов АЦА, ТТУ, ЦЦТ, и т.д. Синтез информационных РНК происходит на определенном участке одной из нитей, раскрученной двуспиральной ДНК ядра клетки, по правилам комплементарности с участием фермента ДНК-зависимой РНК-полимеразы. По правилу комплементарности аденину на нити ДНК соответствует урацил иРНК, тимину – аденин, гуанину – цитозин, цитозину – гуанин и т.д.



Нуклеотидная последовательность информационного РНК «списывается» с ДНК и становится комплементарной конкретному участку (гену) ДНК. Эта стадия называется **транскрипцией**. Далее иРНК поступает в цитоплазму и объединяет рибосомы в комплекс – полисомы, где происходит синтез белка из аминокислот.

Триплеты в иРНК, определяющие порядок последовательного соединения аминокислот друг с другом в молекуле белка, называются **кодонами**.

Каждая из 20 аминокислот соединяется со «своими» транспортными РНК по месту особого триплета – **антикодона** и доставляется на иРНК полисомы. Затем по правилам комплементарности, аминокислота, связанная с антикодоном т-РНК, передается к кодону иРНК для включения ее в полипептидную цепь белка.

Включение в молекулу белка аминокислоты фенилаланина кодируется триплетом-кодоном УУУ, лизина – триплетами ААА, ААГ, серина – УЦУ, УЦА, УЦЦ и т.д., таким образом, осуществляется **процесс трансляции – один ген (одна иРНК) – одна полипептидная цепь (один белок)**. Основная роль генов заключается в кодировании синтеза (сборки) белков разного аминокислотного состава, структуры и функции.

Соединение аминокислоты с т-РНК происходит под действием фермента аминоацил – т-РНК – синтетазы при наличии  $\text{Mg}^{2+}$  с расходом одного моля АТФ. Далее при передаче аминокислоты от антикодона т-РНК на кодон иРНК на образование пептидной связи в цепочке белка расходуется энергия двух молей ГТФ.

Нарушение порядка чередования нуклеотидов в иРНК под действием физических (облучение нейтронами), химических (введение

аналогов пуринов и пиримидинов) и биологических (микробы, вирусы) факторов приводит к проявлению мутации. Мутации могут быть полезными и вредными. Желательные мутации используются в животноводстве для селекции и выведения новых пород, в ветеринарии для диагноза, лечения и профилактики «молекулярных болезней».

Так, антибиотики (пурамицин, стрептомицин, тетрациклин, эритромицин), обладая способностью специфически реагировать с рибосомами бактерий, тормозят и прекращают трансляцию и-РНК и синтез бактериальных белков – токсинов. Поэтому антибиотики применяют для подавления и прекращения размножения микробов и соответственно развития инфекционных заболеваний.

#### Литература:

1. А.И.Кононский. Биохимия животных. М.: «Колос», 1992.- С.111-113.
2. С.Ю. Зайцев, Ю.В.Конопатов. Биохимия животных. СПб: «Лань», 2004.- С. 227-247.

#### **Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки.**

1. Нуклеиновые кислоты – общая характеристика.
2. Нуклеопротеиды.
3. Азотистые основания в ДНК и РНК.
4. Углеводы в составе нуклеиновых кислот.
5. Нуклеозиды.
6. Нуклеотиды.
7. Первичная и вторичная структура ДНК, двойная спираль.
8. РНК – матричная.
9. РНК – рибосомная.
10. РНК – транспортная.
11. Понятие «комплементарность».
12. Понятие «кодон» и «антикодон».
13. Схема участия нуклеиновых кислот в синтезе белка.
14. Анаболизм пуриновых и пиримидиновых оснований.
15. Катаболизм пуриновых и пиримидиновых оснований.
16. Конечные продукты окисления пуриновых оснований у различных живых существ.
17. Макроэргические нуклеотиды.
18. Пути синтеза АТФ.

19. Понятие «транскрипция, трансляция».
20. Локализация нуклеиновых кислот в клетке.
21. Какие соединения используются для биосинтеза пуриновых оснований?
22. Схема биосинтеза пиримидиновых оснований.
23. Какие ферменты катализируют расщепление нуклеиновых кислот в кишечнике?
24. Как синтезируется оротовая кислота и ее значение?
25. Соль какой кислоты накапливается в почках и хрящевой ткани, образуя подагрические отложения?
26. Понятие «триплет» в нуклеиновых кислотах. Значение триплетов в информационных РНК.
27. Что необходимо для соединения аминокислоты с транспортной РНК и для образования пептидной связи в цепочке белка?
28. Основные факторы физической, химической и биологической мутации.
29. Понятие «полезные» и «вредные мутации».
30. Принцип действия антибиотиков.

#### **Тесты по обмену аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и других азотистых соединений**

##### *Вариант 1*

1. Укажите фермент, катализирующий расщепление белков в желудке  
1. Трипсин. 2. Пепсин. 3. Химозин. 4. Энтерокиназы. 5. Пепсиноген.
2. При восстановительном дезаминировании аминокислот образуются:  
1. Предельные кислоты; 2. Непредельные кислоты; 3.  $\alpha$ -кетокислоты. 4.  $\alpha$ -гидроксикислоты.
3. Укажите основные конечные продукты азотистого обмена у млекопитающих  
1. Ксантин. 2. Мочевая кислота. 3. Мочевина. 4. Аммиак. 5. Аллантоин.
4. Название триплета в структуре иРНК, отвечающего за включение определенной аминокислоты в полипептидную цепь белка  
1. Цитрон. 2. Кодон. 3. Оперон. 4. Антикодон. 5. Промотор.

### **Вариант 2**

1. Укажите ферменты кишечного сока, расщепляющие белки до полипептидов

1. Трипсин. 2. Химотрипсин. 3. Карбоксипептидазы. 4. Трипсиноген. 5. Аминопептидазы

2. При трансаминировании между  $\alpha$ -кетоглутаратом и аланином образуются:

1. Аспартат и лактат. 2. Глутамат и лактат. 3. Глутамат и пируват. 4. Глутамин и ацетат. 5. Аспарагин и пируват

3. Укажите промежуточные продукты биосинтеза мочевины у млекопитающих

1. Глутамат. 2. Карбомилфосфат. 3. Аспартат. 4. Аргинин. 5. Гистидин.

4. При переносе аминокислоты с аминокислотаденилата на концевой остаток аденозина молекулы тРНК образуется связь

1. Пептидная. 2. Эфирная. 3. Водородная. 4. Сложноэфирная. 5. Дисульфидная.

5. Отрезок ДНК, содержащий структурные гены определенных белков и регуляторные участки, называется:

1. Кодон. 2. Антикодон. 3. Цитрон. 4. Оперон. 5. Промотор.

### **Вариант 3**

1. Укажите ферменты пищеварения, отщепляющие С-концевые аминокислоты в белках

1. Дипептидазы. 2. Аминопептидазы. 3. Химотрипсин. 4. Карбоксипептидазы. 5. Пептидазы

2. Коферментом трансаминаз является:

1. Пиридоксальфосфат (ПФ). 2. Тиаминпирофосфат (ТПФ). 3. Никотинамидадениндинуклеотид (НАД). 4. Ацетилкоэнзим А (НСКоА). 5. Флавинамидадениндинуклеотид (ФАД)

3. Аминокислота триптофан является предшественником биологически активного вещества:

1. Тироксина. 2. Кортикостерона. 3. Гистамина. 4. Серотонина. 5. Триодтиронина.

4. Мононуклеотиды между собой соединяются связью:

1. Ионной. 2. Водородной. 3. Координационной. 4. 3,5-фосфодиэфирной. 5. Пирофосфатной.

5. Участок ДНК, кодирующий первичную структуру одной полипептидной цепи или одной молекулы и-РНК, называется:

1. Кодон. 2. Промотор. 3. Оперон. 4. Антикодон. 5. Цитрон.

### **Вариант 4**

1. Укажите основной путь дезаминирования аминокислот

1. Восстановительный. 2. Окислительный. 3. Внутримолекулярный. 4. Гидролитический.

2. Аминокислота тирозин является предшественником гормона:

1. Адреналина. 2. Инсулина. 3. Соматотропина. 4. Тироксина. 5. Кортикостерона.

3. Укажите конечный продукт обмена пуриновых оснований у птиц.

1. Мочевая кислота. 2. Аллантаин. 3. Ксантин. 4. Гипоксантин. 5. Мочевина.

4. Биосинтез белка осуществляется в:

1. Ядрах. 2. Лизосомах. 3. Митохондриях. 4. Рибосомах. 5. Протоплазме.

5. Участок ДНК, с которым взаимодействует РНК-полимераза, называют:

1. Антикодон. 2. Промотор. 3. Кодон. 4. Цитрон. 5. Оперон.

### **Вариант 5**

1. Укажите ферменты пищеварения, отщепляющие N-концевые аминокислоты в белках

1. Дипептидазы. 2. Химотрипсин. 3. Аминопептидазы. 4. Карбоксипептидазы.

2. В результате окислительного дезаминирования образуются:

1. Кетокислоты. 2. Предельные кислоты. 3. Гидроксикислоты. 4. Непредельные кислоты. 5. Иминокислоты.

3. Укажите аминокислоту, которая расщепляется на орнитин и мочевину

1. Валин. 2. Лейцин. 3. Цитруллин. 4. Гистидин. 5. Аргинин.

4. Какому типу структуры молекул относится полипептидная цепь белка, имеющая  $\alpha$ -спиральные участки?

1. Первичная структура. 2. Вторичная структура. 3. Третичная

структура. 4. Четвертичная структура.

5. Участок молекулы т-РНК, состоящий из триплета нуклеотидов, комплементарный какому-нибудь кодону, называют:

1. Промотор. 2. Оперон. 3. Антикодон. 4. Цитрон. 5. Кодон.

### Вариант 6

1. Какие комплементарные пары азотистых оснований обеспечивают образование вторичных структур ДНК?

1. А – У, Г – Ц, Ц – А, А – Т, У – Г.

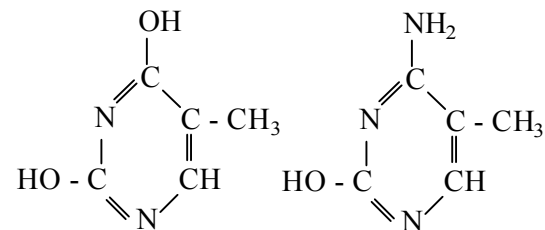
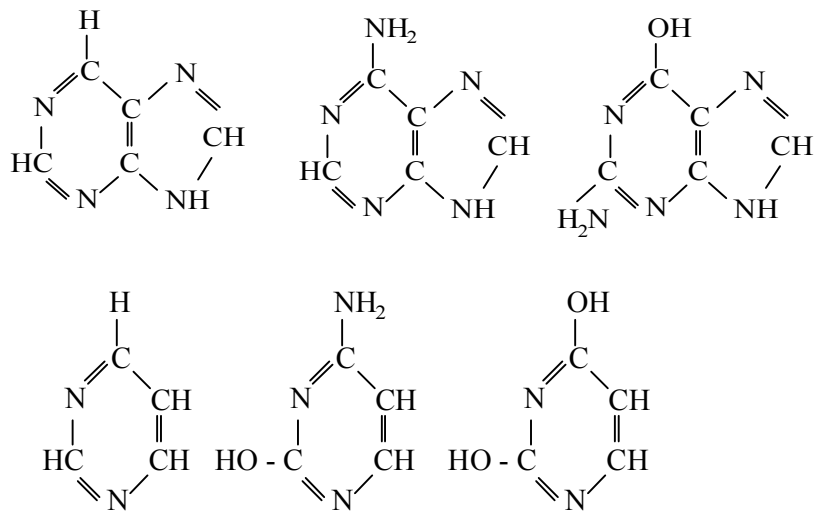
2. Подберите состояния, характеризующие особенности структуры молекулы ДНК.

1. Полинуклеотидные цепи в молекуле антипараллельны. 2. Количество нуклеотидов А и Т одинаково. 3. Количество нуклеотидов Г и Ц равно. 4. Сумма А и Г равна сумме Г и Ц. 5. Равное число amino- и кетогрупп.

3. Какими параметрами различаются м-РНК, р-РНК и и-РНК?

1. Молекулярной массой. 2. Первичной структурой. 3. Вторичной структурой. 4. Сочетанием азотистых оснований в полинуклеотидной цепочке. 5. Характерными гидрофобными связями в полинуклеотидной цепочке.

4. Дать названия азотистым основаниям и указать какие из них входят в структуру ДНК:



5. Указать нуклеотиды, образующие ДНК и РНК:

1. Адениловая кислота (АМФ). 2. Гуаниловая кислота (ГМФ).
3. Цитидиловая кислота (ЦМФ). 4. Уридиловая кислота (УМФ). 5. Тимидиловая кислота (ТМФ). 6. Дезоксиадениловая кислота (дАМФ). 7. Дезоксицитидиловая кислота (дЦМФ).

### Вариант 7

1. Перечислите основные факторы повреждения ДНК и возникновения мутаций:

1. Ультрафиолетовые лучи. 2. Ионизирующая радиация. 3. Нарушение структуры химическими соединениями. 4. Ошибки транскрипции. 5. Нарушение репликации.

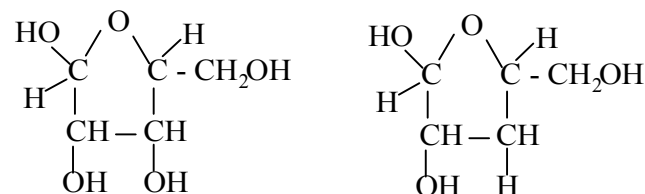
2. Объясните, почему в клетках число различных м-РНК достигает нескольких тысяч, а число т-РНК – только 60-70.

1. Для синтеза одного белка необходим один ген. 2. Для каждого белка нужна своя мРНК. 3. Для одной аминокислоты нужна одна тРНК. 4. От одной до трех разных тРНК необходимо для доставки одной аминокислоты.

3. Какие возможные проявления «вредных» мутаций?

1. Трансформация клеток. 2. Развитие опухолей. 3. Невосприимчивость отдельных видов кормов и пищи. 4. Предрасположенность к некоторым болезням. 5. Проявление наследственных болезней.

4. Дать названия пентозам и указать класс нуклеиновых кислот, в состав которых они входят:



5. Биосинтез РНК осуществляется с участием АМФ, ГМФ, ЦМФ, УМФ, а для образования ДНК служат дАМФ, дГМФ, дЦМФ, дТМФ. Напишите схемы образования цепочки РНК и двуспиральную цепочку ДНК из:

А – Р – Ф	А – дР – Ф
Г – Р – Ф	Г – дР – Ф
Ц – Р – Ф	Ц – дР – Ф
У – Р – Ф	Т – дР – Ф

## Раздел VII. Минеральный обмен. (Краткие сведения)

Биохимические реакции, превращения органических соединений, физиологические функции клеток, органов, тканей и целого организма животного связаны с минеральными веществами. В зависимости от количественного содержания их подразделяют на макро- и микроэлементы. **Макроэлементы** – кальций, фосфор, калий, натрий, магний содержатся в целых и десятых долях процента, а **микроэлементы** – железо, медь, кобальт, цинк, молибден, селен, йод и другие – от сотых до тысячных и миллионных долей процента.

В данном пособии особое внимание уделено и приведены сведения по жизненно важным макро- и микроэлементам в связи с тем, что в Забайкалье (Бурятия, Читинская область) при особых природно-климатических условиях среди домашних животных и отчасти у населения проявляются нарушения минерального обмена с характерными признаками эндемических болезней.

Роль и значение минеральных веществ сводится к следующему:

1. Каждая клетка содержит минеральные вещества, которые находятся в растворенном состоянии и отчасти связаны с органическими соединениями. Рост и развитие животного неразрывно связаны с отложением в организме минеральных веществ. Например, в костях накапливается фосфорнокислый кальций (остеоapatит), обеспечивающий твердость и прочность

2. Минеральные вещества необходимы для синтеза жизненно важных соединений и входят в состав молекул многих органических веществ. Так, атомы железа находятся в составе гемоглобина, фосфор является структурным элементом АТФ – аденозинтрифосфата – биоэнергетического материала клеток, а также содержится в молекулах нуклеиновых кислот и ряда белков. Хлор необходим для

образования соляной кислоты обкладочными клетками слизистой оболочки желудка, без йода не синтезируется гормон щитовидной железы – тироксин и т.д.

3. От минеральных веществ зависит концентрация ионов (катионов и анионов) в жидкостях организма, которые обеспечивают осмотическое давление, реакцию среды, биоэлектрический потенциал клеточных мембран. Благодаря наличию солей, образуются фосфатная, карбонатная и белково-минеральная буферные системы, поддерживающие постоянное значение pH, при которых протекают все ферментативные реакции в организме. Так, буферная емкость (сила) крови велика по сравнению с водой. Чтобы сдвинуть реакцию крови в щелочную сторону (по фенолфталеину), к ней надо добавить гидроксида натрия в 60-70 раз больше, чем к воде, а чтобы сделать кислой – pH = 6,35 (по метилоранжу), надо прилить соляной кислоты в 330 раз больше, чем к воде.

4. Минеральные вещества необходимы для нормального пищеварения, всасывания и усвоения питательных веществ. Расщепление белков корма и пищи в желудке происходит при действии фермента пепсина, который вырабатывается в неактивной форме – в виде пепсиногена и переходит в активное состояние только при наличии соляной кислоты. Для трипсина поджелудочной железы необходима слабощелочная среда – наличие ионов OH<sup>-</sup>. Крахмал более интенсивно расщепляется амилазой слюны и панкреатического сока при наличии хлористого натрия. При недостатке солей наблюдается извращение аппетита, нарушение пищеварения и биохимических процессов в организме, приводящие к тяжелым заболеваниям.

5. Минеральные вещества влияют на функциональную деятельность отдельных органов и тканей и целого организма. Так, ионы кальция принимают участие в процессе свертывания крови, калий накапливается в клеточной протоплазме, а натрий в межклеточной жидкости и тем самым создают биологический насос.

6. Минеральные соли принимают активное участие в водном режиме организма. Количество связанной воды с белковыми соединениями зависит от наличия ионов натрия и калия, а ионы кальция и магния способствуют уплотнению тканей.

7. Минеральные вещества принимают непосредственное участие в обмене углеводов, белков, липидов, нуклеиновых кислот в организме животных. Например, фосфорная кислота, образуя фосфор-

ные эфиры, участвует в превращении углеводов и продуктов расщепления белков и липидов и тем самым обеспечивает трансформацию потенциальной энергии этих веществ в макроэргические фосфаты (АТФ, креатинфосфат и др.).

Таким образом, минеральные вещества необходимы для нормального роста и развития, размножения и продуктивности животных. Поэтому вопросам минерального питания сельскохозяйственных животных и птицы уделяется должное внимание. Для организации правильного минерального кормления, необходимо знать минеральный состав, как организма животного, так и кормов, с которыми доставляются макро- и микроэлементы. **Недостаточное** или **избыточное** их поступление в организм животных, а также **нарушение их соотношения** в кормовом рационе отрицательно влияет на рост и развитие, снижают продуктивность и воспроизводительную способность, а также ослабляют резистентность молодняка и взрослых особей, что приводит к различным заболеваниям алиментарного характера, которые отмечаются в Забайкалье.

**Кальций.** Содержание его в сыворотке крови в зависимости от вида животных колеблется от 10 до 25 мг/100 см<sup>3</sup>. Около 45% кальция находится в виде свободных катионов, а остальное связано с белками. Основная масса этого элемента в организме (до 99%) находится в костной ткани в виде остеоапатита.

Основные функции кальция в организме:

- незаменимый компонент скелета и зубов;
- необходим для свертывания крови (переход протромбина в тромбин);
- от кальция зависит нормальная функция скелетной, сердечной и гладкой мышц;
- необходим для нормальной работы нервной системы.

**Фосфор.** Количество фосфора в крови домашних животных колеблется от 17 до 27 мг/100см<sup>3</sup>. На долю неорганической формы фосфора приходится 3-5 мг, большая часть связана с липидами и белками. Количество фосфора в мягких тканях значительно выше, чем кальция. Основные функции фосфора в организме:

- составная часть костей и зубов;
- обязательный компонент нуклеиновых кислот;
- входит в состав фосфопротеидов, ферментов;
- образует фосфатный буфер крови;
- участвует в аккумуляции биоэнергии (АТФ и др.).

Кальций и фосфор два взаимосвязанных макроэлемента. В организме животных и кормах соотношение их в среднем составляет 2:1. Наиболее чаще у молодняка отмечается алиментарная остеодистрофия при которой происходит уменьшение уровня неорганического фосфора в крови почти в два раза, а кальция в 1,3 раза, а в золе костей отношение кальция к фосфору смещается до 4:1. Это приводит к нарушению структуры остеоапатита и прочности трубчатых костей. Поэтому при остеодистрофии отмечаются скрытые переломы и деформация плечевых и бедренных костей (С.Н.Балдаев и др., 1973).

**Магний.** В сыворотке крови домашних животных содержится от 1,5 до 3,8 мг/100 см<sup>3</sup>. До 85% магния находится в форме ионов, остальная часть связана в виде фосфатов, цитратов и с белками. Магний выполняет в организме следующие функции:

- входит в состав костей и зубов;
- обеспечивает нормальную функцию нервно-мышечного аппарата;
- входит в состав ферментов и действует как активатор;
- влияет на окислительное фосфорилирование;
- принимает участие в терморегуляции.

При длительном недостатке магния в рационе, в сыворотке крови животных значительно снижается уровень этого элемента (в 4-5 раз у телят, в 2,5-3 раза у ягнят и овец). Это приводит к развитию расстройств нервно-мышечного аппарата с проявлением судорог, тетании. Болезнь излечивается инъекцией сернокислого магния и дачей магниевой подкормки. (С.Н.Балдаев, 1963).

**Натрий.** В организме животных натрий содержится, главным образом, вне клеток в жидкостях тела. Так, количество натрия в сыворотке крови млекопитающих практически одинаково и равно 320-330 мг/100 см<sup>3</sup>, а в эритроцитах значительно меньше – 42-45 мг/100 см<sup>3</sup>. Биологическое значение натрия:

- поддержание осмотического давления в крови и других жидкостях;
- совместно с калием создает биологический насос в клетках;
- во взаимодействии с калием участвует в процессе передачи нервного импульса;
- действие ряда ферментных систем происходит в присутствии натрия;
- дефицит натрия в организме приводит к уменьшению прирос-



та у молодняка, падению уровня молочной продуктивности у лактирующих животных.

**Калий.** Содержание калия в сыворотке крови у млекопитающих колеблется в узких пределах 17-20 мг/100 см<sup>3</sup>, а в цельной крови у овец и крупного рогатого скота 35-40 мг/100 см<sup>3</sup>, а у лошадей и свиней – 17 мг/100 см<sup>3</sup>, а в эритроцитах его в 20-23 раза больше. Поэтому калий является внутриклеточным элементом. Как правило, в организме самок калия меньше, чем у самцов, у молодых животных больше, чем у взрослых. Биологическое значение калия:

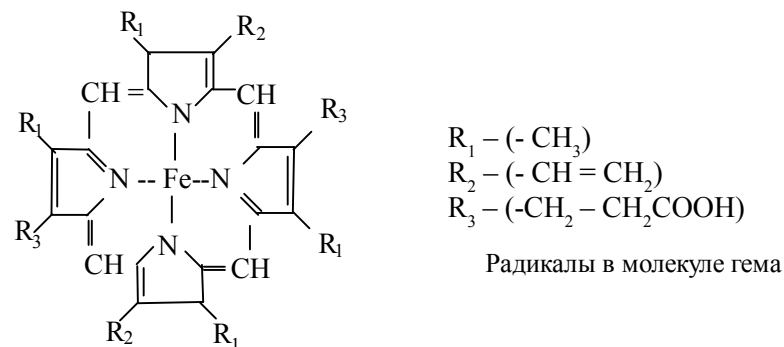
- поддержание осмотического давления в жидкостях наряду с натрием;
- стимулирует деятельность многих ферментов;
- участие в передаче нервного импульса совместно с натрием;
- совместно с натрием обеспечивает работу биологического насоса в клетках.

Все виды растительных кормов содержат достаточное количество калия и тем самым полностью обеспечивают потребность животных в калии.

**Железо.** В цельной крови крупного рогатого скота и овец содержится железа 35-46 мг/100 см<sup>3</sup>. У свиней 40-50 мг/100 см<sup>3</sup>. В сыворотке крови домашних животных от 0,1 до 0,18 мг/100 см<sup>3</sup>. Примерно 65% общего железа организма животного находится в крови, а остальное в печени, селезенке, в мышцах и костях. Содержание железа в организме новорожденных поросят в 2 раза меньше, чем у взрослых свиней и соответственно составляет 23-30 мг/кг в обезжиренном веществе тела. Поэтому у поросят потребность в железе высокая и у них чаще возникает анемия (малокровие). Железо входит в структуру гема гемоглобина, связано с белком трансферрином, является составной частью целого ряда ферментов (цитохромы, каталаза, пероксидаза, ксантинооксидаза и др.).

Биохимические функции железа и его соединений:

- выполняет окислительные функции;
- участие в связывании и транспорте кислорода – общие дыхательные функции;
- обеспечивает процессы тканевого дыхания (перенос электрона) через цитохромы и другие ферменты;
- необходим для биосинтеза гемоглобина и формирования эритроцитов.



**Медь.** Содержание меди в организме животных, примерно, в 30 раз меньше, чем железа и наибольшее количество находится в печени коровы – 42 мг/кг, козы – 12 мг/кг, курицы – 15 мг/кг, свиньи – 88 мг/кг, утки – 525 мг/кг. В крови домашних и диких животных уровень меди колеблется от 0,4 до 1,7 мг/кг. Средний показатель у свиней – 1,4 мг/кг. Биологическое значение меди:

- необходима для кроветворения, способствует включению железа в структуру гема, активизирует созревание эритроцитов, предупреждает анемию;
- участвует в процессе остеогенеза через формирование белка коллагена, растворимость которого резко возрастает при дефиците меди;
- обеспечивает прочность кровеносных сосудов, при дефиците меди происходит нарушение структуры эластина аортальных и других сосудов сердца (падучая болезнь, гипертрофия сердца);
- необходима для нормальной функции центральной нервной системы. При недостатке меди в кормах содержание ее в крови снижается в 3-4 раза (до 0,2-0,3 мг/кг при норме 0,8-1,0 мг/кг) и у ягнят возникают спастические парезы задней части туловища с проявлением позы «сидячей собаки» (И.А.Жарников, 1973), нарушается формирование головного мозга (образование в черепе полости, заполненной жидкостью), изменение в белом веществе спинного мозга (энзоотическая атаксия);
- играет важную роль в нормальной репродукции. Недостаток меди приводит к некрозу плаценты, гибели и рассасыванию плода;
- ионы меди входят в состав целого ряда ферментов и тем самым играют важную роль в биологическом окислении.

**Марганец.** Концентрация марганца в цельной крови составля-

- влияет на воспроизводительные функции животных. При дефиците марганца в организме животных происходят изменения, сходные с авитаминозом Е, т.е. замедляется половое развитие. У самцов идет перерождение эпителия семенников и их атрофия, снижается сперматогенез, а у самок задерживается овуляция, нарушается течка, происходит рассасывание плода;

- принимает участие в формировании костей конечностей у растущего молодняка. При недостатке происходит прекращение роста трубчатых костей, искривление, увеличение объема запястного сустава за счет разрастания хрящевой ткани;

- обладает особым действием на липидный и углеводный обмен, принимая участие в процессах окислительного фосфорилирования, тканевом дыхании. Является специфическим активатором ферментов аргиназы, пируваткарбоксилазы и многих других, влияет на образование гонадотропных и лактоотропных гормонов гипофиза и синтез половых гормонов в семенниках и яичниках, а также на функции витаминов В, и С.

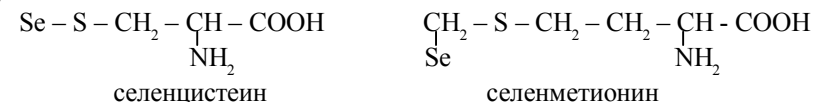
**Кобальт**, как микроэлемент, входит в состав сложного по строению витамина В<sub>12</sub>. Недостаток этого витамина связан с нарушением важнейших процессов кроветворения и биосинтеза белка. Этот витамин в форме кобамидных коферментов участвует в метилировании гомоцистеина и превращении метилмалонила в сукцинил.



Наибольшее содержание кобальта в организме овец найдено в почках и печени – соответственно 0,25 и 0,15 мг/кг. Считают, что содержание витамина В<sub>12</sub> в печени дает довольно точную информацию об обеспеченности организма овец кобальтом. При нормальном обеспечении организма кобальтом содержание витамина В<sub>12</sub> в 1 г сырой печени > 0,19 мкг, при небольшой недостаточности уменьшается до 0,10 мкг, а остром дефиците – менее 0,07 мкг.

Для предупреждения и устранения кобальтовой недостаточности скармливают минеральные подкормки из расчета содержания кобальта в мг/кг живой массы: овцам – 3,0, телятам – 0,5.

**Селен**, как биоэлемент, обратил к себе внимание в связи с его эффективным профилактическим и терапевтическим действием при беломышечной болезни ягнят и других животных. Селен в организме связывается с белками через серосодержащие аминокислоты цистин и метионин, образуя селенцистеиновые и селенметиониновые группы.



Селен по разному распределяется в органах и тканях. При инъекции селена внутримышечно овцам (6 мг на голову) установлено увеличение его в печени в 2,6 раза, скелетной мышце – 1,2, а в сер-

дечной мускулатуре – 2,2 раза.

При даче овцам 5 мг селена с подкормкой через 7 дней количество его в печени возрастает в 4,1 раза (от 0,44 до 1,80 мг/кг), в скелетных мышцах – 5,9 раза (от 0,1 до 0,59 мг/кг) и в мышцах сердца – 4,7 раза (от 0,19 до 0,89 мг/кг). Исходя из этих сведений, желательно селен применять в составе подкормки.

Биологическое значение селена связано с его лечебным и профилактическим действием, наряду с витамином Е, при некрозе печени свиней и поросят, экссудативном диатезе цыплят и беломышечной болезни молодняка всех видов домашних животных. Установлено, что селен и витамин Е являются активаторами тех ферментов, которые переносят электроны на никотинамидадениндинуклеотид – кофермент (НАДН+Н<sup>+</sup>), обеспечивающий окислительное фосфорилирование АМФ и АДФ до АТФ. Известно, что АТФ, как макроэргическое соединение, незаменимо для работы мышц. При беломышечной болезни животных происходят дегенеративные изменения в скелетной и сердечной мускулатуре на фоне снижения концентрации селена в крови овец и крупного рогатого скота в 10 раз (от 0,1-0,2 мкг/см<sup>3</sup> до 0,01-0,02 мкг/см<sup>3</sup> и ниже). Название “беломышечная болезнь” связано с тем, что в пораженных очагах мышц происходит отложение нерастворимых солей кальция, которые придают белую окраску. Увеличение содержания кальция в белых участках пораженной мышечной ткани происходит в сотни раз по сравнению с нормой 54 мг/кг сырой ткани (С.Н.Балдаев, 1961, В.И.Шишова, 1964).

Вопрос о влиянии селена на обмен кальция в мышцах остается невыясненным.

Недостаток селена может быть основной причиной депрессии роста ягнят и телят, которая наступает при содержании в корме менее 0,002 мг/кг элемента. Оптимальное количество селена должно быть < 0,04 мг/кг. Нарушение воспроизводительной функции при недостатке селена проявляется у овцематок за счет эмбриональной смертности плодов к концу суягности, а также высоким отходом ягнят после рождения.

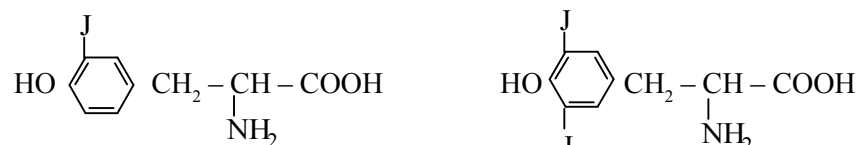
Избыток селена может вызвать болезнь селеноз. К симптомам хронического селеноза относятся исхудание, анемия, нарушение функций сердца и печени, деформация суставов, уродливая форма копыт. Нижним пределом содержания селена в корме считается 3-4

мг/кг. Острый селеноз, даже со смертельным исходом, вызывается при высоких дозах внутримышечного введения селена и при поедании пастбищных растений (астрагал и др.), содержащих от 0,1 до 1,0 г/кг селена.

**Йод** является микроэлементом, недостаток которого проявляется во многих регионах Земли и в том числе в Забайкалье. Существует прямая зависимость между содержанием йода в почве, в воде, в растениях и в организме человека и животных. Отсюда для последних источником йода является пища, корма и вода.

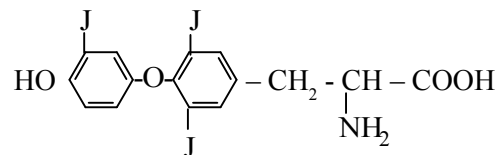
Содержание йода в организме животных до сих пор недостаточно исследовано из-за отсутствия надежного и доступного метода анализа. В теле человека найдено около 12 мг йода, из которых около 90% сконцентрировано в щитовидной железе. Допускается, примерно, такое же содержание и распределение йода в организме животных.

Йод в щитовидной железе соединяется с аминокислотой тирозином и при этом образуются четыре йодсодержащих соединения: монойодтирозин, диийодтирозин, трийодтиронин и тетраийодтиронин, которые связываются с белком тиреоглобулином щитовидной железы.

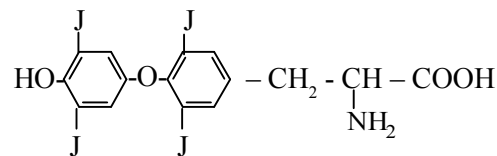


монойодтирозин

диийодтирозин



трийодтиронин



тетраийодтиронин

При гидролизе тиреоглобулина в кровь поступают трийодтиронин и тетраiodтиронин (тироксин), обладающие гормональными функциями.

Хронический недостаток йода в кормах и питьевой воде является причиной развития зоба у сельскохозяйственных животных, чаще у овец, и у людей, обитающих в определенной зоне и поэтому болезнь называется «эндемический зоб». Происходит увеличение массы щитовидной железы в десятки раз за счет гиперплазии (разрастания) эпителия и ее уплотнения под влиянием тиреотропного гормона гипофиза. При этом резко снижается содержание йода в щитовидной железе от 0,2-0,5% в сухом веществе в норме до 0,1% и менее при зобе. Зоб сопровождается падением уровня основного обмена, подавлением синтеза белка, что приводит к торможению роста в целом и развития половых желез. У беременных животных отмечается гибель и рассасывание плода, аборт и появление мертвых дитенышей. Сведения по зобу среди домашних животных Бурятии описаны С.И.Ламкиным (1964).

Для диагностики зоба проводится определение интенсивности поглощения радиоактивного йода ( $^{131}\text{I}$ ) щитовидной железой из крови. Здоровая железа человека за 1 минуту поглощает определенную дозу йода (нормальный клиренс). При зобе этот показатель возрастает в десятки раз и более. В эндемических регионах для оценки йодного статуса определяется количество йода в питьевой воде. При содержании йода в воде менее 2 мг/кг необходимо принимать меры. Для этого используются различные минеральные смеси с добавлением солей йодида, йодата и органических соединений йода. В животноводстве используется йод, связанный с крахмальным клейстером (крахмал-йодин). Хороший профилактический эффект при зобе в эндемических регионах достигается применением йодированной поваренной соли.

Потребность в йоде у молочных коров и овцематок колеблется в пределах от 0,1 до 0,8 мг/кг сухого вещества корма (в среднем 0,4 мг/кг), свиньям достаточно 0,2 мг/кг сухого корма.

**Фтор** широко распространен в природе, но содержится в малых количествах. В почвах РФ найдено фтора от 30 до 320 мг/кг. Биологически важное значение имеет уровень фтора в воде; при избытке возможно отравление и развитие флюороза, а недостатке – кариес зубов. Количество фтора в пресной воде колеблется от 0 до 2,0 мг/кг, а в морской – 1,0-1,4 мг/кг.

Из кормов богата фтором рыбная мука (230 мг/кг сухого вещества), животная мука содержит меньше (45мг/кг). Из растительных кормов выделяется рапсовый шрот (20мг/кг) и свекольная ботва (28мг/кг). Фтор хорошо всасывается и в начале накапливается в почках, надпочечниках и щитовидной железе, а затем переходит в костную ткань и зубы. В костяке животных и человека находится до 95% всего фтора организма. В зубной эмали человека содержится фтора 133, а в дентине 385 мг/кг при нормальном уровне фтора в питьевой воде (1,1-1,2 мг/кг). Уменьшение или увеличение этого уровня вызывает соответствующие изменения в зубах. В Забайкалье (Бурятия, Читинская область) и Прибайкалье проявляются очаги кариеса и флюороза зубов у местного населения и домашних животных.

Содержание фтора от 100 до 1500 (в среднем 800) мг/кг в золе костей коров считается нормальным. Фтор имеет важное значение при формировании костей скелета. Он входит в структуру костных кристаллов гидроксиапатитов, превращая их в менее растворимую форму оксифторапатитов и тем самым повышает твердость и прочность костей и зубов.

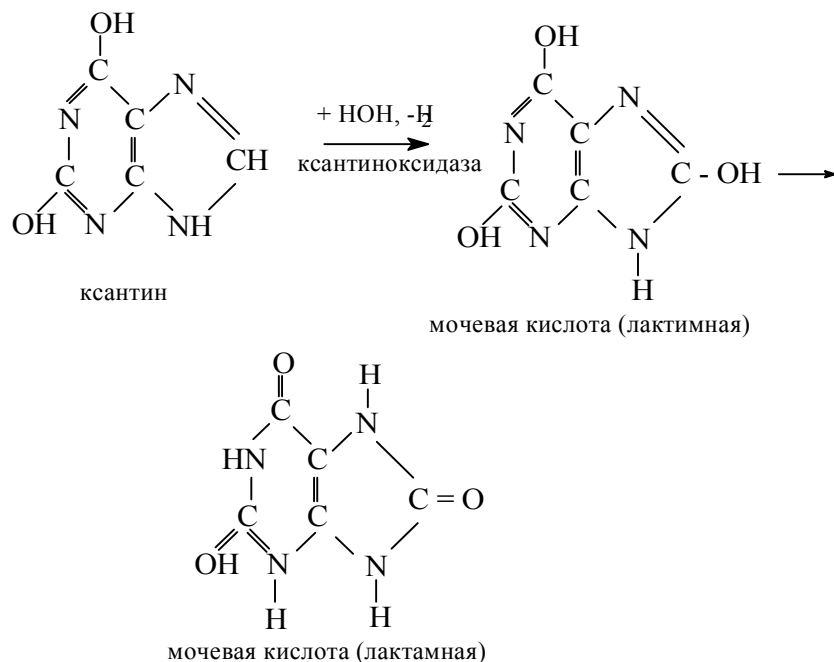
Исследование воды и кормов, а также костей больных овец на содержание фтора из неблагополучной местности по кариесу показали низкое содержание фтора в воде (0,4-0,6 мг/л), сене (2,6-5,2 мг/кг), в зубах (37,5-57,0 мг/кг) и в нижней челюсти (39-58 мг/кг) по сравнению с таковыми из благополучных хозяйств соответственно: в воде – 0,96-1,2 мг/л, сене – 21-30 мг/кг, зубах – 178,5 и нижнечелюстной кости – 175 мг/кг. С.Н.Балдаев, В.М.Медведева, В.Ж.Цыренов, 1968). Обменные опыты, проведенные С.Ж.-Д.Гомбоевым и С.Н.Балдаевым (1983) позволили установить норму потребности овец во фторе (2 мг/голову) и разработать рецептуры фторсодержащих подкормок и фторирования питьевой воды для профилактики и лечения кариеса.

**Молибден.** Интерес к молибдену возник с обнаружением его участия в таком глобальном процессе, как фиксация азота воздуха бактериями *Azobacter chroococcum* и превращение нитратов в растениях.

Светло-желтая окраска бобовых растений возникает при нарушении фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями, которые размножаются на корневых отростках. Поэтому азотный дефицит проявляется из-за недостатка молибдена в почве. При внесении молибденсодержащих удобрений в почву в растениях увеличиваются азотфиксация и накопление сырого протеина с восстанов-

лением зеленой окраски листьев.

Молибденовые соединения быстро всасываются и могут быть причиной отравления животных. Молибден вначале концентрируется в крови, затем в печени, селезенке, почках и большая часть отлагается в костях. Содержание молибдена в волосах, шерсти, перьях и молоке меняется в зависимости от его количества в кормах и поэтому может служить индикатором обеспеченности. Молибден, наряду с медью и железом, необходим для фермента ксантиноксидазы, обеспечивающего окисление азотистого основания ксантина до мочевой кислоты:



Особую роль ксантиноксидаза выполняет в организме птиц, так как у них мочевая кислота является основным конечным продуктом распада азотистых соединений. Поэтому превращение ксантина в мочевую кислоту зависит от микроэлемента молибдена. Появлению ксантиновых камней (нерастворимые кальциевые соли) в моче и мочевыводящих каналах, почечной лоханке и мочевом пузыре у овец связывают с недостатком в рационе молибдена.

Чаще у домашних животных наблюдается отравление молибде-

ном (молибденоз). При поедании клевера, люцерны, одуванчика, райграсса, произрастающих на почвах с большим содержанием молибдена, у коров и овец возникают поносы, анемия, потеря живой массы, повреждения суставов и ломкость костей. Одновременно причиной такой клиники является недостаток меди. Поэтому пастбищный молибденоз животных излечивается и профилактируется применением сернокислой меди. Исходя из этого, пороговая концентрация молибдена, вызывающая отравление, определяется наличием меди в кормах и организме животных. Следует иметь в виду, что во взаимодействие молибдена и меди вклинивается сера. Она в желудочно-кишечном тракте превращает эти два микроэлемента в труднорастворимые и плохоусвояемые сульфидные соединения.

**Кадмий** пока не относится к группе жизненно необходимых микроэлементов, но его накопление в организме находится в прямой зависимости от поступления с кормом и водой. Он концентрируется в почках, костях и семенниках. Увеличение кадмия в почках до 850 мг/кг приводит к гибели животных. На сегодня известен один белок металлтионин, выделенный из коркового слоя почек, в составе которого содержится 5,9% кадмия, 2,2% цинка и 8,5% серы. Функция этого белка не выяснена. Под влиянием кадмия происходит увеличение цинка в почках и печени, а в мышцах, костях и шерсти уменьшается. Кадмий влияет на обмен кальция и фосфора в костях, в частности, происходит увеличение уровня кальция, что нарушает формирование этой ткани. Он снижает содержание железа и тем самым тормозит синтез гемоглобина.

Животные при отравлении кадмием гибнут не только от нарушения обмена цинка, железа, кальция, но и от недостатка меди. Однако разные животные неодинаково чувствительны к токсическому действию кадмия. Чтобы вызвать признаки отравления, уткам дают в 5 раз больше, чем курам, так как в печени уток накапливается в 10 раз больше меди, чем в печени кур.

Влияние кадмия на воспроизводительную функцию выражается тем, что при отравлении у самцов происходит дегенерация семенников, а у самок наступает бесплодие или рождается нежизнеспособное потомство.

Функциональные расстройства, вызываемые кадмием, связаны либо с недостатком меди (аборты), либо с дефицитом цинка (поражение простаты, паракератоз у свиней), либо с низким содержанием

ем железа и меди, необходимых для синтеза гемоглобина (анемия).

К общим проявлениям действия кадмия относятся: потеря аппетита, уменьшение прироста живой массы и упитанности, выделение белка с мочой и патологические изменения семенников. На территории Бурятии в бассейне долины реки Селенги возможны отравления кадмием, связанные с кадмийсодержащей рудоразработкой в соседней Монголии, расположенной в верховьях этой реки.

**Стронций** в большей мере связан с нарушением жизненных функций организма животных и человека, вызываемым высокой концентрацией стабильного стронция в почве и кормах.

Болезнь Кашин-Бека, которая связана с накоплением в организме стронция, была впервые выявлена в долине р.Зея Амурской области, затем в восточной части Забайкалья и в Бурятии по реке Заза в местности Турхул (И.И.Жарников, 1963). К характерным признакам болезни относятся: замедленный рост и развитие, переломы трубчатых костей, деформация суставов, атрофия мышц, поражение челюстных костей, выпадение зубов, расстройство воспроизводительных функций на фоне нарушения обмена меди, кобальта, йода.

Концентрация стабильного стронция в почве до 600 мг/кг считается не опасной. Содержание его в растениях колеблется от 2 до 500 мг/кг в зависимости от количества стронция в почве и вида растений. Ситуация осложняется тем, что во второй половине XX века проводились ядерные взрывы и поэтому концентрация радиоактивного стронция ( $^{90}\text{Sr}$ ) в почве многих регионов возросла.

Степень всасывания из кормов стабильного и радиоактивного стронция зависит от содержания кальция и фосфора в регионе. Из сбалансированных по кальцию и фосфору рационов стронций всасывается меньше, чем из кормов с малым или нарушенным уровнем этих элементов.

Стронций, как и кальций, откладывается в зонах роста костей и он может подменять до 10% кальция. При этом вместо кальция в структуру кристалла гидроксиапатита включается стронций и как следствие уменьшается зольность и прочность костей.

#### Литература:

1.А.И.Кононский. Биохимия животных. М.: “Колос”, 1992.- С.210-237, 444-449.

2.Ю.И.Москалев. Минеральный обмен. М.:”Медицина”, 1985.-

С.287.

3.А.Хенниг. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. М.: “Колос”, 1976, С.5-229.

4.И.И.Жарников, С.Н.Балдаев, Ф.Ф.Собенникова. Белково-витаминное и минеральное питание с/х животных. Улан-Удэ, 1973. - С.143.

5.С.Н.Балдаев, С.А.Кириллов. Корма и профилактика эндемических болезней овец. Улан-Удэ, 1986. - С.150.

6.С.Н.Балдаев, С.А.Кириллов. Биохимия нарушений обмена веществ у овец и их профилактика. Улан-Удэ, 1991. - С.160.

7.С.Н.Балдаев, В.Д.Раднатаров, Н.С.Балдаев. Рекомендации по применению кормовых добавок для профилактики и терапии болезней нарушения минерально-витаминного обмена, стимуляции роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных животных Забайкалья. – Улан-Удэ, 2003. С. 87.

#### **Вопросы для проверки знаний и самостоятельной подготовки**

1.Какие химические элементы имеют жизненно необходимое значение для животных?

2.Какими единицами измерения выражаются концентрации химических элементов в органах, тканях и в целом организме животных?

3.Перечислите химические элементы, содержащиеся в сравнительно большом (макроэлементы) и малом (микроэлементы) количестве.

4.Количественное содержание макро- микроэлементов в растениях и кормах. Понятие «зола», «зольные элементы».

5.Распределение минеральных веществ в организме животных. Назовите макро- и микроэлементы, которые накапливаются в отдельных тканях и органах.

6.Свободные и связанные формы минеральных элементов и их соединений в организме.

7.Катионная и анионная формы химических элементов и их роль и значение. Примеры.

8.Какие ионы обеспечивают активную реакцию водных растворов различных веществ?

9. Сочетание каких веществ в растворе придает ему буферные свойства? Роль и значение буферных растворов.
10. Какие буферные системы имеются в крови, протоплазме клеток, межклеточной жидкости?
11. Какова концентрация катионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в протоплазме клеток и межклеточной жидкости?
12. Понятие «градиент концентрации катионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ »? Как он создается и какое имеет значение?
13. Участие минеральных веществ в каталитической функции ряда ферментов пищеварительного сока.
14. Роль минеральных солей, особенно  $\text{NaCl}$ , в осмотическом давлении и в поддержании водного обмена (баланса).
15. Значение и роль фосфатов в организме, особенно фосфорной кислоты в обмене углеводов.
16. Как синтезируется АТФ? какова природа ее макроэргического содержания, где и как используется ее энергия?
17. Роль фосфатов для синтеза и функций нуклеиновых кислот.
18. Какова роль кальция в костях, в механизме мышечного сокращения и свертывания крови?
19. Кальций и фосфор, как основные макроэлементы организма животных, их количественное соотношение в костях, крови, мышечной ткани.
20. Роль магния в работе нервно-мышечного аппарата.
21. Почему организм животного постоянно нуждается в поступлении  $\text{Na}$  в виде соли  $\text{NaCl}$ , но не испытывает такой потребности в калии?
22. Роль и значение микроэлемента  $\text{Fe}$  в синтезе гемоглобина и в процессе дыхания.
23. Роль и значение микроэлемента меди в организме животных. Какие нарушения проявляются при недостатке меди?
24. Какой микроэлемент входит в состав витамина  $\text{B}_{12}$  и какова его роль в обмене веществ?
25. Какой микроэлемент необходим для синтеза гормона щитовидной железы и какие нарушения метаболизма проявляются при его недостатке и отсутствии?
26. Каковы нормы потребности животных в минеральных веществах?
27. Понятие «кислотно-щелочное равновесие», «ацидоз» и «алкалоз» в организме животных.

## Содержание

<i>1. Введение</i>	
<i>Раздел I. Основы физической и коллоидной химии (краткие сведения).....</i>	<i>3</i>
<i>Раздел II. Биологически активные вещества (ферменты, витамины, гормоны).....</i>	<i>17</i>
<i>Раздел III. Обмен углеводов (краткие сведения).....</i>	<i>52</i>
<i>Раздел IV. Обмен липидов (краткие сведения).....</i>	<i>72</i>
<i>Раздел V. Обмен белков и аминокислот (краткие сведения).....</i>	<i>84</i>
<i>Раздел VI. Взаимосвязь обмена углеводов, белков и липидов...</i>	<i>107</i>
<i>Раздел VII. Нуклеиновые кислоты (краткие сведения).....</i>	<i>109</i>
<i>Раздел VIII. Минеральный обмен (краткие сведения).....</i>	<i>125</i>

Учебное пособие

Николай Сергеевич Балдаев  
Сергей Николаевич Балдаев

**Биохимия животных**  
**(с основами физической и коллоидной химии)**

В авторской редакции  
Компьютерная верстка О. Р. Цыдыповой  
Компьютерный набор О. В. Холхоевой

Лицензия ЛР № 021274 от 26 марта 1998 г.

Подписано в печать                      Формат 60х84/16. Бум. тип. № 1.  
Усл.печ.л.    Уч.-изд.л.            Тираж            Заказ №

Издательство ФГОУ ВПО «Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия им.В.Р. Филиппова»  
670024, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8.